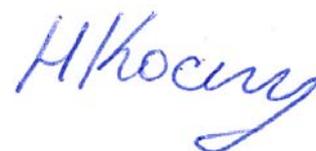


Федеральное агентство научных организаций
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи



КОСТИНА НАТАЛЬЯ ВИКТОРОВНА

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА С ПРИМЕНЕНИЕМ
ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ REGION**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

Диссертация

на соискание ученой степени доктора биологических наук

Научный консультант:
доктор биологических наук,
чл.-корр. РАН, профессор
Г.С. Розенберг

Тольятти – 2017

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. АНАЛИЗ РАЗРАБОТАННЫХ СИСТЕМ ИНДЕКСОВ И ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ. РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	12
1.1. Индексы и индикаторы устойчивого развития	16
1.2. Обзор баз данных и информационных систем в области экологии и охраны окружающей среды.....	29
Глава 2. ЭКСПЕРТНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА REGION	36
2.1. Концепция построения ЭИС REGION.....	38
2.2. Формализация пространственного описания территории	42
2.3. Схема базы данных (структура БД и ее возможности)	45
2.4. Алгоритмы обработки.....	50
2.4.1. Нормирование значений показателя и переход к балльным оценкам	52
2.4.2. Преобразование значений показателя	54
2.4.3. Отображение показателей.....	56
2.4.4. Получение комплексных показателей	57
2.4.5. Построение моделей.....	63
2.5. Обзор результатов исследований на примере территорий Волжского бассейна и Самарской области.....	66
2.5.1. Районирование Самарской и Нижегородской областей в пространстве эколого-экономических и медико-демографических параметров.....	66

2.5.2. Прогноз первичной биопродуктивности территории Волжского бассейна в условиях изменения климата.....	72
2.5.3. Заболеваемость населения как индикатор качества жизни.....	82
2.5.4. Районирование территории Волжского бассейна и сценарии устойчивого развития.....	90

Глава 3. ОЦЕНКА И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ САМАРСКОЙ

ОБЛАСТИ, ТЕНДЕНЦИЙ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ПОД

ВОЗДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ 99

3.1. Анализ биоразнообразия Самарской области	100
3.1.1. Оценка состояния территории Самарской области по редким видам сосудистых растений.....	108
3.1.2. Анализ по некоторым таксономическим единицам флоры	112
3.1.2.1. Оценка состояния территории с использованием видового состава отдела папоротникообразных	114
3.1.2.2. Оценка состояния территории по видовому составу семейства <i>Poaceae</i>	116
3.1.2.3. Оценка состояния территории по видовому составу семейства <i>Cyperaceae</i>	121
3.1.3. Оценка состояния территории по видовому составу пресмыкающихся.....	124
3.1.4. Оценка состояния территории по видовому составу орнитофауны	126
3.1.5. Оценка состояния территории по видовому составу млекопитающих	131
3.2. Выявление тенденций изменения биоразнообразия под воздействием антропогенных факторов	135

Глава 4. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО КОМПЛЕКСУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭИС REGION	160
4.1. Оценка изменений экологического состояния Волжского бассейна	167
4.2. Экологическая оценка территории Волжского бассейна с использованием обобщенной функции желательности	172
4.3. Экология «культуры» на примере территории Волжского бассейна	176
Глава 5. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСОВ И ИНДИКАТОРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	183
5.1. Статистический анализ индекса развития человеческого потенциала на примере Волжского бассейна	183
5.2. Показатель «экологического следа» и его взаимосвязь с другими индексами устойчивого развития	189
5.3. Интегральная оценка индексов устойчивого развития территорий Волжского бассейна	196
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	215
ВЫВОДЫ	216
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	218
ПРИЛОЖЕНИЕ	259

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Степень ее разработанности. В последние десятилетия в мире большое внимание уделяется вопросам устойчивого развития. Сформулированное понятие устойчивого развития (Our Common Future..., 1987) актуализирует определение критериев оценки состояния и прогнозы дальнейшего развития сложной социо-эколого-экономической системы, включающей природную, производственную, демографическую, социальную и институциональную составляющие. Первоочередным для поддержания качества жизни, которое обеспечивается социально-экономическим развитием, является сохранение среды обитания и грамотное использование ресурсного потенциала, а также сохранение природных экосистем и их биоразнообразия.

Обеспечение устойчивого развития является сложной задачей, так как зависит от множества различных факторов. Поэтому актуальной проблемой является создание моделей развития с учетом меняющихся условий. Свое место в решении данного вопроса находят информационные системы, в том числе и экспертные, которые позволяют не только накапливать данные, но и определять критические состояния, давать пространственное распределение экологических оценок, на основе накопленной разноплановой информации рассматривать научно-обоснованные сценарии дальнейшего устойчивого развития социо-эколого-экономических систем (СЭЭС) разного уровня, сохраняя баланс человеческой деятельности с естественно-эволюционным развитием природы.

Экономические, социальные и экологические аспекты устойчивого развития обсуждались в многочисленных работах (Моисеев, 1987, 2003; Данилов-Данильян, Лосев, 2000; Бобылев 1995, 2015; Захаров, 2000, 2011; Чепурных, 1996, 1997; Розенберг, 2009 и многие другие). Наиболее актуальным, с нашей точки зрения, является не только разработка систем индикаторов и ин-

дексов для оценки состояния СЭЭС на международных, государственных и региональных уровнях (Бобылев и др., 2007, 2011, 2013; Тарасова, Кручина, 2006 и др.), а также комплексная оценка устойчивого развития.

Территория Волжского бассейна, занимающая стратегическое место в социо-эколого-экономическом потенциале развития Российской Федерации, является значимой для дальнейшего продвижения в рамках устойчивого развития страны.

Следует отметить, что, несмотря на то, что вопросами устойчивого развития Волжского бассейна занимались многие исследователи (Розенберг и др. 1998, 1999, 2003, 2004, 2015; Хасаев, 2014; Гелашвили и др., 2006 и др.), анализ социо-эколого-экономического состояния территорий Волжского бассейна на основе комплекса взаимосвязанных и взаимозависимых индикаторов и индексов ранее не проводился, что обуславливает цель и актуальность работы.

Цель исследования. Анализ состояния социо-эколого-экономических систем территории Волжского бассейна и построение прогнозов устойчивого развития с использованием экспертной информационной системы REGION.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Проанализировать пространственное распределение показателей биоразнообразия на примере территории Самарской области (по физико-географическим районам), выявить характер зависимости показателей биоразнообразия от природных и антропогенных факторов на исследуемой территории и на основе полученных моделей осуществить прогноз дальнейшего развития экосистем по показателям биоразнообразия.
2. Провести социо-эколого-экономическую оценку пространственного распределения комплексных показателей, полученных с помощью экспертно-информационной системы REGION (ЭИС REGION), на

примере территории Волжского бассейна. Оценить пространственное распределение показателей устойчивого развития: индекса развития человеческого потенциала, «экологического следа» и показать их взаимосвязь с другими индексами и индикаторами устойчивого развития.

3. Предложить метод интегральной оценки по комплексу индексов и индикаторов устойчивого развития и оценить социо-эколого-экономическое состояние административных единиц Волжского бассейна.

Научная новизна:

– предложены и апробированы методы комплексного анализа современного состояния социо-эколого-экономических систем территорий Волжского бассейна и Самарской области;

– на основе пространственных распределений выявлены тенденции изменения биоразнообразия от антропогенных и природных факторов, рассмотрены сценарии дальнейшего развития;

– впервые для территории Волжского бассейна на основе выбранных индикаторов и индексов устойчивого развития проведена интегральная оценка социо-эколого-экономического состояния административных единиц;

– выделены три группы регионов Волжского бассейна, сгруппированных на основе проведенного комплексного социо-эколого-экономического анализа;

– рассмотрен сценарный прогноз устойчивого развития Самарской области.

Теоретическая значимость работы. Многофункциональные возможности ЭИС REGION позволили оценить состояние социо-эколого-экономических систем территории Волжского бассейна на основе синтезированных интегральных показателей. Анализ зависимостей показателей биоло-

гического разнообразия (классификационно-регрессионные методы оценки) выявил доли влияния природных и антропогенных факторов.

Практическая значимость. Результаты работы позволяют решать ряд практических задач: проводить комплексный анализ состояния социо-эколого-экономических систем территорий Волжского бассейна; оценивать уровень антропогенной нагрузки; осуществлять прогноз развития экологической обстановки с помощью модельных «сценариев» и на этой основе формулировать рекомендации по достижению экологической безопасности, устойчивого развития и направлений социально-экологической реабилитации территорий. Материалы исследований переданы в Министерство регионального развития РФ, вошли в Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации, используются в учебных курсах в Самарском государственном экономическом университете и Волжском университете им. В.Н. Татищева (г. Тольятти).

Методология и методы исследования. Исследования проводились с использованием «Экспертно-информационной базы данных состояния социо-эколого-экономических систем разного масштаба REGION (ЭИБД "REGION")» (Свидетельство о государственной регистрации № 2015620402 от 27 февраля 2015 г.). Формирование и наполнение базы данных производили по информации как официальных источников (Госдоклады РФ, данные Федеральной службы официальной статистики, научные публикации и др.), так и по результатам экспедиционных исследований и научных разработок Института экологии Волжского бассейна РАН. Использовали разработанные методы информационной обработки, включенные в состав ЭИС REGION: нормирование исходных данных, получение балльных оценок, синтезирование интегральных показателей, корреляционно-регрессионный анализ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Оценка биоразнообразия Самарской области (сосудистые растения, орнитофауна, пресмыкающиеся, млекопитающие) по физико-географическим

районам и тенденции его изменения под воздействием антропогенных и природных факторов.

2. Анализ экологического состояния территории Волжского бассейна по комплексу показателей: общая оценка изменений эколого-социально-экономического состояния административных единиц, экологическая оценка территорий с использованием обобщенной функции желательности; оценка по показателям, условно отнесенным к «экологии культуры».

3. Взаимосвязь оценки показателя «экологического следа» и индекса развития человеческого потенциала с другими индексами устойчивого развития на примере территории Волжского бассейна.

4. Метод интегральной оценки индексов и индикаторов устойчивого развития.

Апробация результатов. Результаты представлены на XXXII школе-семинаре «Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования» (Ростов-на-Дону, 2004); на Международной научной конференции «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики: актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды» (Тольятти, 2004); на Международном симпозиуме «Инженерная экология-2005» (Москва, 2005); на Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Синергетика природных, технических и социально-экономических систем» (Тольятти, 2006); на VII Международном симпозиуме «Проблемы экоинформатики» (Москва, 2006); на Международном симпозиуме «Инженерная экология-2007» (Москва, 2007); на Первом Международном экологическом конгрессе «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ELPIT-2007 (Тольятти, 2007); на Международной конференции «Изменение климата и возможные последствия для экосистем Волжского бассейна. Волжский бассейн 50 лет спустя: перспективы и прогнозы» (Тольятти, 2007); на Международной научной конференции «Наука. Творчество. Коняевские чтения» (Самара, 2007); на Международной кон-

ференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек-4» (Тольятти, 2008); на II Международном экологическом конгрессе (IV научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» (Тольятти, 2009); на Международной научно-практической конференции «Экологическое равновесие и устойчивое развитие территории» (С-Петербург, 2010); на IX международном симпозиуме «Проблемы Экоинформатики» (Москва, 2010); на конференции «География продуктивности и биологического круговорота наземных ландшафтов к 100-летию проф. Н.И. Базилевич (1910-1997)» (Пушино, 2010); на IV Всероссийской научно-практической конференции «Устойчивое развитие территорий: теория и практика» (Уфа, 2012); на Международных конференциях «Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем» (Самара-Тольятти, 2014, 2015, 2016); на Международной научно-практической конференции «Формирование и становление рынка интеллектуальной собственности как основного фактора создания инновационной экономики и обеспечения устойчивого развития регионов в условиях кризиса» (Тольятти, 2015); на Международном форуме «Каспий – море дружбы и надежд», посвященного 85-летию Дагестанского государственного университета (Махачкала, 2016); на VII Международной научно-практической конференции «Экология и природопользование: прикладные аспекты» (Уфа, 2017).

Декларация личного участия автора. Работа является результатом собственных исследований автора за 2004-2016 гг. Автор участвовал в разработке методологии построения ИЭС REGION, сборе эколого-экономической информации по разным территориям, лично разработал математическое обеспечение, провел все расчеты и интерпретировал результаты для территорий Волжского бассейна и Самарской области. Доля личного участия автора в совместных публикациях пропорциональна числу авторов.

Связь темы диссертации с плановыми исследованиями. Работа проводилась в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами», «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга», Государственной поддержки ведущих научных школ (грант НШ 3018.2012.4), грантов РГНФ (№ 12-12-63005; № 15-12-63006, №16-16-60003_a_p) и РФФИ (№ 13-04-97004 [руководитель]; № 14-06-97019 и № 15-44-02160).

Структура и объем диссертации. Работа изложена на 265 страницах текста, состоит из введения, пяти глав, заключения и выводов, списка цитированной литературы (344 наименований, в том числе 24 на иностранных языках) и приложения. Работа содержит 108 рисунков и 32 таблицы.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 55 печатных работ, из них 15 в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 монографии, получено свидетельство государственной регистрации № 2015620402 от 27 февраля 2015 г. «Экспертно-информационная база данных состояния социо-эколого-экономических систем разного масштаба REGION (ЭИБД "REGION").

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному консультанту чл.-корр. РАН, д.б.н. Розенбергу Г.С., д.б.н. Шитикову В.К., д.б.н. Зинченко Т.Д., д.б.н. Розенцвет О.А., д.б.н. Саксонову С.В. за неоценимую помощь в выполнении работы, а также коллегам: к.б.н. Кузнецовой Р.С., к.б.н. Лифиренко Н.Г., к.э.н. Кудиновой Г.Э., к.б.н. Розенберг А.Г., к.б.н. Ивановой А.В., к.б.н. Пыршевой М.В., к.б.н. Бакиеву А.Г., к.б.н. Сенатору С.А., Аристовой М.А., Пантелееву И.В., Вехнику В.П. и др., а также фондам РФФИ и РГНФ за финансовую поддержку.

Глава 1. АНАЛИЗ РАЗРАБОТАННЫХ СИСТЕМ ИНДЕКСОВ И ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ. РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Современный социо-эколого-экономический кризис напрямую связан с ограничением ресурсных запасов (продовольствия, пресной воды, полезных ископаемых, доступных для освоения источников энергии и т.д.), а также с ухудшением среды обитания. Осознание человечеством этих проблем привело к созданию в 1983 году Международной комиссии ООН по окружающей среде и развитию (МКОСР), которая опубликовала доклад «Наше общее будущее» (Наше общее..., 1989; Our Common..., 1987) и ввела понятие «sustainable development» («устойчивое развитие»).

Одно из наиболее часто упоминаемых определений устойчивого развития базируется на экономическом аспекте: «Устойчивое развитие – это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» (Наше общее..., 1989; Our Common..., 1987).

Идеология устойчивого развития созвучна по смыслу и содержанию концепции рационального природопользования, сформулированной в нашей стране еще во времена существования СССР. Эта идеология в современной России воспринимается как принципиальный базис государственного управления, воплотившийся в исторически очень короткий срок в нормативные документы общенационального значения (Касимов и др., 2004).

Переход к устойчивому развитию должен обеспечить на перспективу сбалансированное решение проблем социально-экономического развития, со-

хранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала, удовлетворение потребностей настоящего и будущих поколений людей (из Указа Президента Российской Федерации от 1 апреля 1996 года № 440).

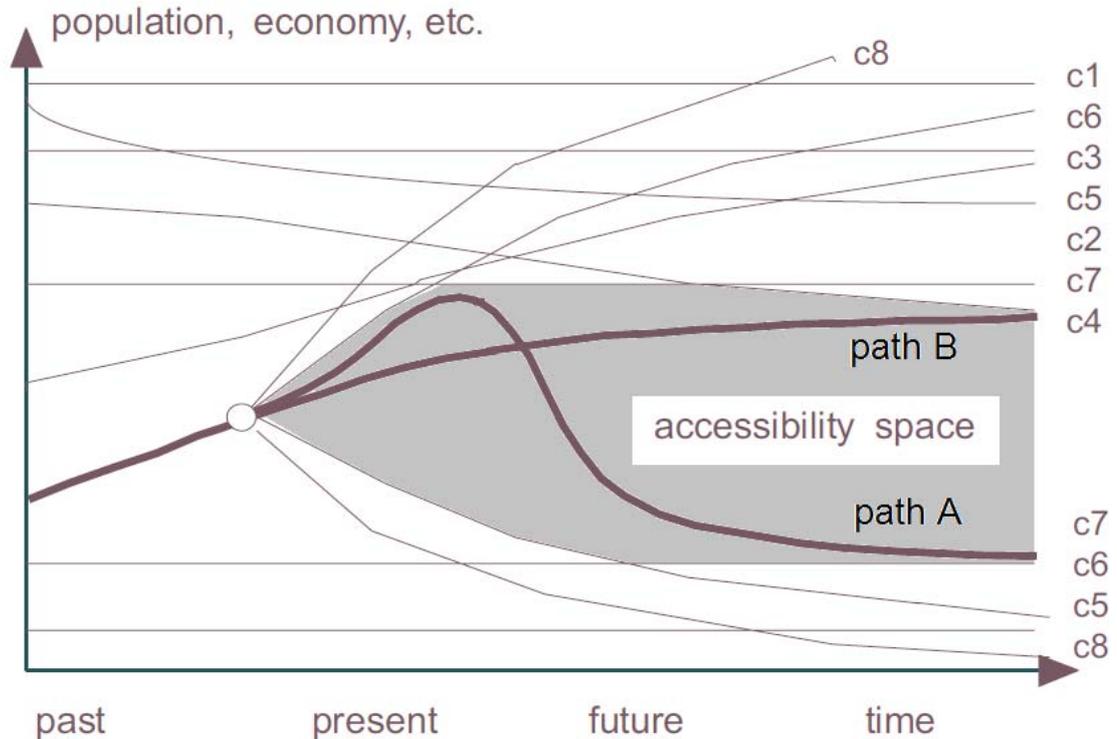
Более широкий взгляд на устойчивое развитие включает не только социально-экономическое благополучие общества и поддержание качества окружающей среды, но и сохранение биосферы как естественной основы всей жизни на Земле, сохранение её стабильности и естественной эволюции (Основные положения..., 2002). Таким образом, более точным переводом термина «*sustainable development*» является «совместное развитие» (Моисеев, 1987), когда при принятии политико-экономических решений учитываются как социальные, так и экологические последствия в результате хозяйственной деятельности человека.

Устойчивому развитию посвящено огромное количество работ (Материалы Международной..., 1992; Моисеев, 2003; Данилов-Данильян, Лосев, 2000; Лосев, 2001; Ерофеев, 2007; Приоритеты национальной..., 2009; Розенберг, Хасаев, 2016; Allen Cameron et al., 2016; Zhao Jingzhu, 2016; Rydzewski, 2017; Bolis et al., 2017; Wan Luhe et al., 2017 и многие другие).

Устойчивое развитие, рассматриваемое как процесс, ограничено глобальным экологическим кризисом, ставящим под угрозу существование человеческой цивилизации. Поэтому «угрозы будущего», связанные, в том числе, и с деятельностью человека, должны быть правильно распознаны для принятия мер по адекватному реагированию. Адаптация общества к потенциальным изменениям окружающего пространства* возможна через развитие соответствующих технологий, экономических возможностей, с учетом культурных, моральных и социальных ценностей. Такая адаптация должна обеспечивать непрерывное эволюционное развитие человеческого общества.

* В широком смысле: изменения состава или структуры биосферы, а так же космических параметров в системе «Земля – ближайший космос».

Устойчивое развитие сдерживается рядом факторов (рис. 1), которые, тем не менее, оставляют широкий «коридор возможностей» (доступное пространство) для функционирования социо-эколого-экономической системы.



Ограничения физических условий и законов природы: *не все возможно*

- c1 – законы природы, логики и физических процессов;
- c2 – окружающая среда и ее возможности;
- c3 – поток солнечной энергии, материальные запасы и ресурсы;
- c4 – скорость и объем ресурсных потоков.

Ограничения человеческой природы и человеческих целей: *не все желательно*

- c5 – возможности социальной среды;
- c6 – организация общества, культура, технологии;
- c7 – этические нормы и культурные ценности.

Ограничения времени: *динамика и эволюция определяет темп и направление*

- c8 – роль времени и эволюции.

Рис. 1. Развитие сдерживается различными факторами, которые оставляют лишь ограниченную область доступного пространства (accessibility space) (Bossel, 1999)

Рассматриваемая в настоящее время парадигма устойчивого развития основана на положении о дальнейшем согласованном развитии социальной и

экономической систем при максимальном сохранении окружающей среды. Таким образом, декларируется стабильность развития каждой из подсистем – социальной, экономической, экологической – при их взаимодействии.

В связи с этим особое значение приобретает отслеживание текущего состояния социо-эколого-экономических систем на глобальном, государственном, региональном и локальном уровнях, а так же выявление тенденций дальнейшего развития с целью формулирования возможных тактических и стратегических решений, т.е. создание системы адаптационных механизмов.

Идеология устойчивого развития первоначально исходила из равновеликого вклада основных составляющих – экологических, социальных и экономических. Сегодня, несмотря на все политические декларации и обоснование приоритетности экологических аспектов устойчивого развития, наиболее значимыми, как и прежде, остаются экономические вопросы, далее следуют социальные и, «по остаточному принципу» – экологические (рис. 2).

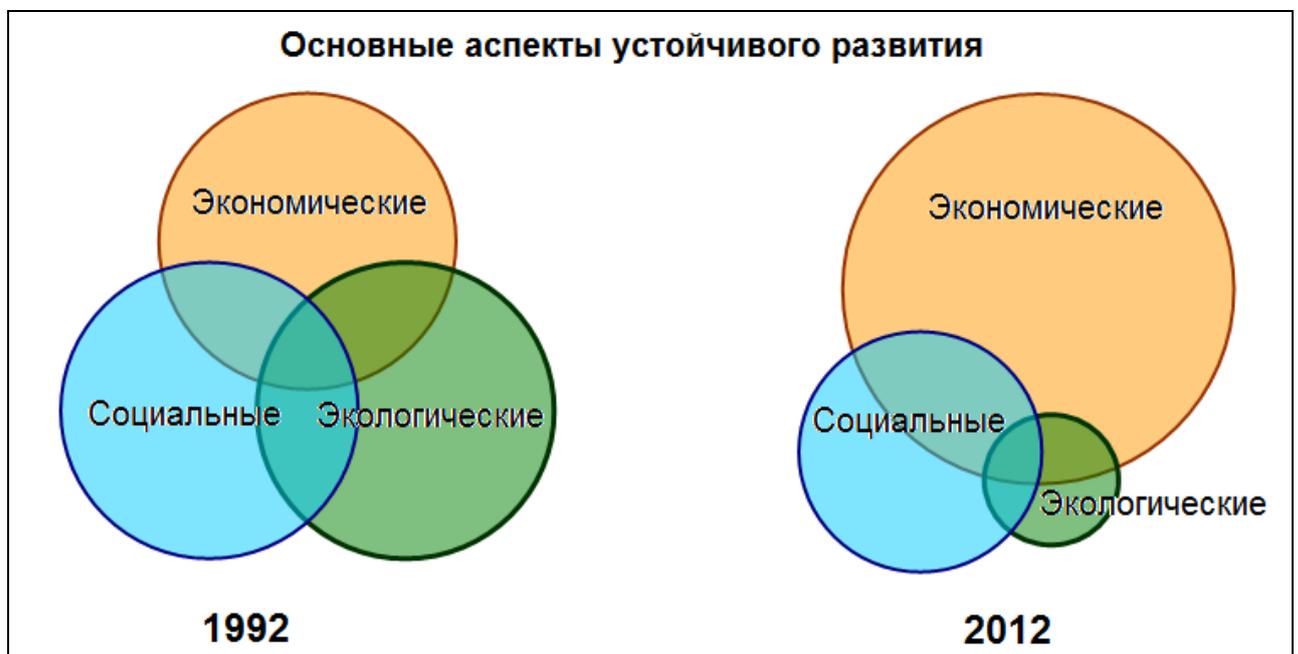


Рис. 2. Соотношение основных аспектов устойчивого развития в соответствии с концепцией 1992 г. и по итогам её реализации 2012 г. (Захаров, 2012)

Определение критериев оценки состояния и прогнозы дальнейшего развития сложной системы, включающей природную, производственную, демографическую, социальную и институциональную составляющие, является самой актуальной к настоящему времени задачей.

1.1. Индексы и индикаторы устойчивого развития

В настоящее время продолжается разработка критериев устойчивого развития и выбор соответствующей системы индикаторов и индексов. Активную роль играют международные организации: ООН, Всемирный Банк, Организация стран экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Европейская комиссия, Научный комитет по проблемам окружающей среды (SCOPE) и др.

Мониторинг любой сложно организованной системы, компоненты которой связаны между собой, осуществляется через показатели, характеризующие состояние системы и жизнеспособности подсистем в разные моменты времени. Таких показателей для социо-эколого-экономической системы может быть любое достаточно большое количество. Выделяют индикаторы целевого назначения, то есть такие, по которым осуществляется контроль за достижением поставленных целей.

Наборам индикаторов, разработанных для целей устойчивого развития на глобальном, государственном, региональном и локальном уровнях (рис. 3) предъявляются определенные требования: надежность, измеряемость, эффективность при использовании, доступность для понимания и т.д. (Бобылев, 2007, 2011; Байбаков и др., 2011; Козловская, 2003; Тарасова, Кручина, 2006 и др.). Кроме того, необходимо рассматривать значения индикаторов в долгосрочной динамике, что позволяет оценить эффективность выработанных социо-эколого-экономических мер.

Принято выделять индикаторные показатели (индикаторы) и индексы – комплексные показатели на основе ограниченного набора исходных показате-

лей. При этом способ вычисления и входящие в индекс индикаторы могут быть самыми разнообразными. Уменьшение количества анализируемых параметров системы приводит к тому, что особое внимание уделяют одним показателям и пренебрегают другими. Использование индексов уменьшает количество параметров, необходимых для анализа состояния системы, однако их применение и построение имеет свои недостатки. Хорошо продуманная модель, включающая определенный список индикаторов и индексов, максимально полно характеризует состояние системы. Ряд развитых и даже развивающихся стран открыли специальные институты, занимающиеся разработкой и обоснованием индикаторов и индексов устойчивого развития.

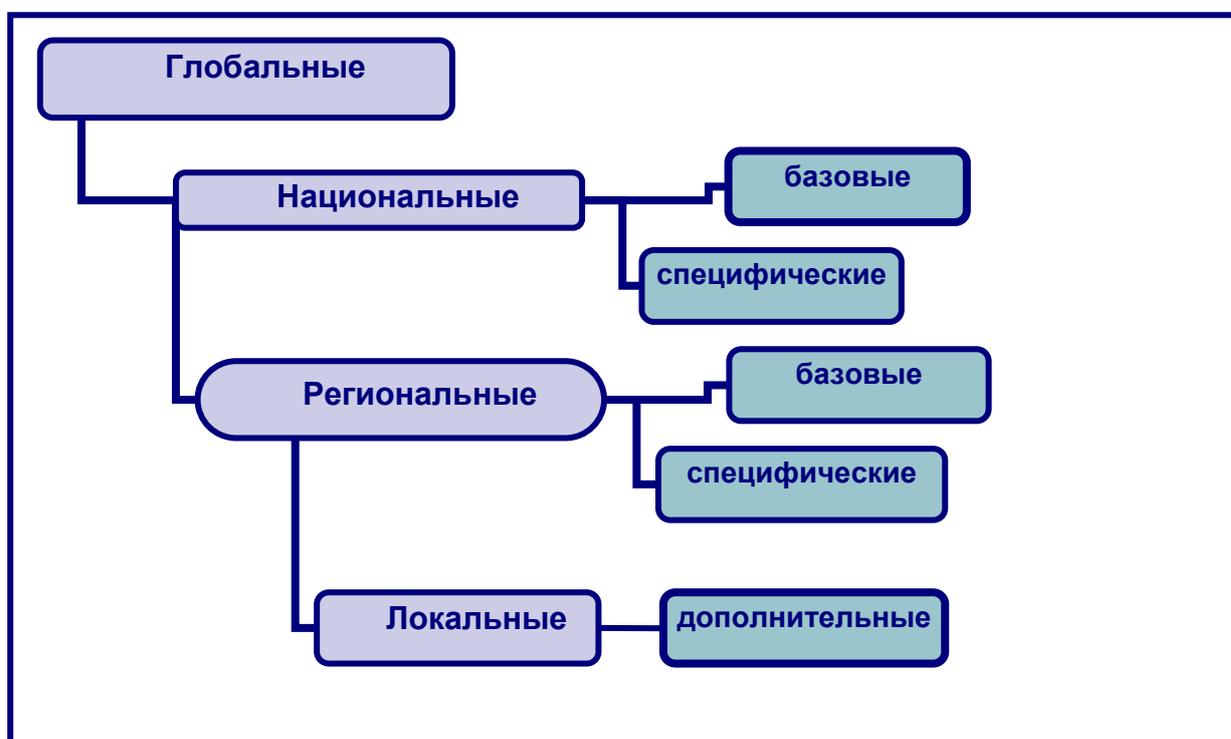


Рис. 3. Иерархия индексов и индикаторов устойчивого развития

Создаваемые системы индексов и индикаторов базируется на подходе, учитывающим все три составляющих устойчивого развития. Однако следует отметить, что «...строгое деление индикаторов на экономические, экологические и социальные в достаточной степени условно... В связи с этим отдельные индикаторы в литературе интерпретируются как эколого-экономические,

эколого-социально-экономические, социально-экологические и т.п.» (Бобылев и др., 2012).

Базовый набор индикаторов устойчивого развития, предложенная Комиссией ООН по устойчивому развитию (КУР), состоит из 132 индикаторов (Новая парадигма..., 2000; Тарасова, Кручина, 2006). Эта система включает четыре основных группы индикаторов, которые отражают различные аспекты устойчивого развития: социальные, экономические, экологические, институциональные. В зависимости от целевой направленности индикаторы разбиты на три категории: индикаторы - движущая сила, индикаторы состояния и индикаторы реагирования. Согласно декларируемой Повестке дня выделяют следующие цели и соответствующие индикаторы:

- в социальном развитии: борьба с бедностью (4 индикатора), демографическая динамика (4 индикатора), содействие образованию, подготовке кадров и информированности общества (9 индикаторов), защита здоровья населения (12 индикаторов), содействие устойчивому развитию поселений (12 индикаторов);
- в экономическом развитии: экономическое развитие (15 индикаторов), изменение характера потребления (2 индикатора), финансовые ресурсы и механизмы (9 индикаторов);
- в сохранении окружающей среды: защита запасов и качества пресной воды (6 индикаторов), защита океанов, морей и береговых зон (8 индикаторов), интегрированный подход к планированию и использованию земельных ресурсов (3 индикатора), управление уязвимыми экосистемами, борьба с опустыниванием и засухами (6 индикаторов), содействие устойчивости сельского хозяйства и местного развития (7 индикаторов), борьба с обезлесиванием (7 индикаторов), сохранение биологического разнообразия (2 индикатора: число видов в угрожаемом состоянии и исчезнувших, площадь заповедных территорий, в % от общей территории), защита атмосферы (6 индикаторов), управление отходами (10 индикаторов)

- организационное развитие: структура принятия решений (10 индексов).

Широкое признание в мире получила система индикаторов Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Эта система представляет собой модель «давление-состояние-реакция» (рис. 4). Человеческая цивилизация в своем развитии оказывает «давление» на окружающую среду, меняя ее состояние. Отслеживание состояния окружающей среды и ее качества должно происходить через «индикаторы состояния», которые диктуют в случае необходимости проводить изменения в государственной политике. Эти изменения характеризуются «индикаторами реагирования».

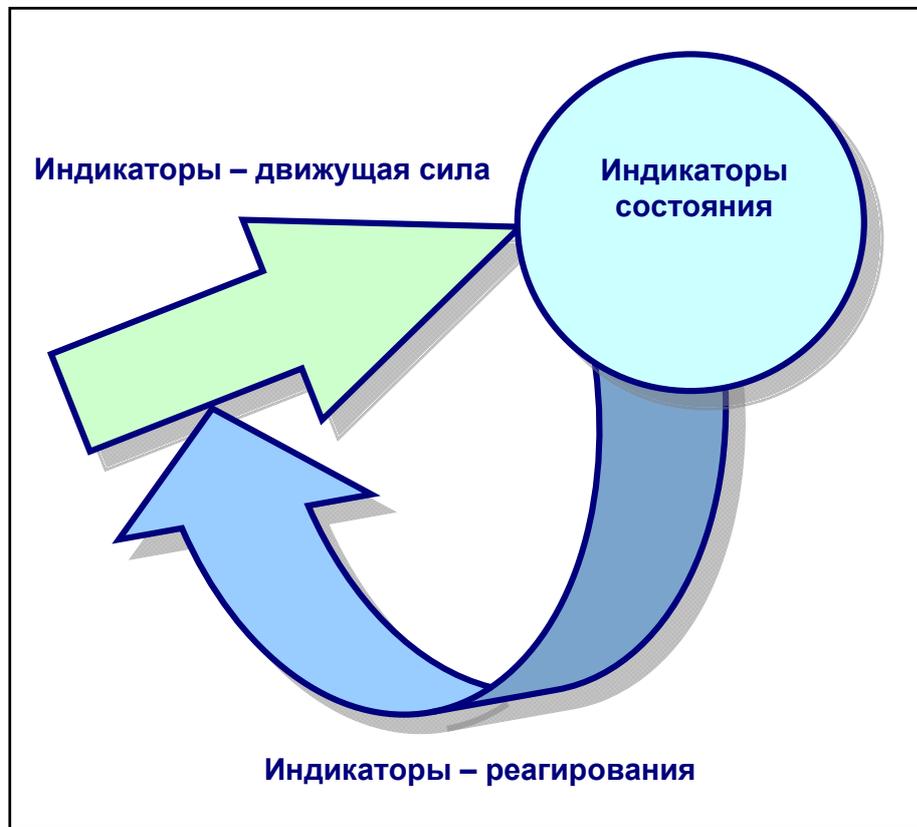


Рис. 4. Система индикаторов по модели «давление-состояние-реакция»

Анализ устойчивого развития Великобритании базируется на системе из 14 индикаторов, с помощью которых можно показать основные тенденции, и 150 национальных индикаторов.

Предложено 42 базовых индикатора устойчивого развития для Российской Федерации (Индикаторы устойчивого..., 2001). Эти показатели основываются на официальных статистических данных и на ведомственной информации (Росгидромет), а также на разовых обследованиях и оценках. Система предложенных индикаторов характеризует состояние атмосферы (4 индикатора), земли (13 индикаторов), качества пресной воды (4 индикатора), оценка биоразнообразия (3 индикатора), уровень экономического развития (8 индикаторов), модели потребления и производства (13 индикаторов). Эта система охватывает изменение климата, оценку качества воздуха, развитие сельского хозяйства, состояние лесов, оценки опустынивания земель, уровень урбанизации, оценки качества воды и ее использования, уровень экономического развития, использование энергии, уровень благосостояния населения и т.д. Для оценки биоразнообразия используется три индикатора: земли ООПТ (заповедники и национальные парки), % охраняемых территорий к общей площади и наличие основных выбранных видов (разовые оценки).

Важность формирования адекватных и измеряемых индикаторов устойчивого развития признана в настоящее время во всем мире, в том числе и в Российской Федерации. Учет особенностей регионального развития приводит к необходимости создания собственных систем индикаторов регионального уровня и их комплексного анализа для рассматриваемых территорий (Бобылев, 2007, 2011; Жуков, Тарасова, Кручина, 2006; Байбаков, 2007; Казакова, 2008; Пантелеева, 2010; Байбаков и др., 2011; Кононова, Лукьянова, 2014; Розенберг, Хасаев, 2014; Ситникова, Кручина, 2015 и многие другие).

В представленной ниже таблице 1 собраны лишь некоторые социально-эколого-экономические показатели (Костина и др., 2014), которые могут выступать в качестве индексов устойчивого развития территорий.

Индексы устойчивого развития

Параметр	Формула	Обозначения
Индекс биоразнообразия (один из многих)	$H = -p_i \sum \log(p_i),$ $p_i = N_i/N$	N_i – численность вида i , N – численность всех видов.
Индекс валового национального продукта	$I = ВВП/N$	N – численность населения территории.
Экологически ориентированный чистый внутренний продукт (<i>environmentally adjusted net domestic product</i>)	$EDP = NDP - DN - ED$	NDP – чистый внутренний продукт, DN – стоимость истощения природных ресурсов, ED – оценка экологического ущерба.
Общая экономическая ценность (стоимость) природы (<i>total economic value</i>)	$TEV = DUV + IUV + OV + EV$	DUV – прямая стоимость использования, IUV – косвенная стоимость использования, OV – стоимость отложенной альтернативы, EV – стоимость существования.
Индекс антропогенной преобразованности территории (Иванова, 1986)	$I_{an} = \sum R_i S_i$	R_i – ранговый показатель ($R_1 = 1$ для дорог, $R_2 = 2$ – с/х угодий, $R_3 = 3$ – пастбищ, $R_4 = 4$ – сенокосов, $R_5 = 5$ – лесов), S_i – доля площади земельного фонда территории под хозяйственной деятельностью i .
Соотношение «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» [Розенберг, 1994, 2009]	$G = (\sum A_i - \sum E_i)$	$\sum A_i$ – сумма баллов антропогенных нагрузок, $\sum E_i$ – сумма баллов состояния экосистем.
Коэффициенты удельных загрязнений (e_z) и удельных затрат природных ресурсов (e_N)	$e_z = Z/ВВП$ $e_N = N/ВВП$	Z – объемы загрязнений, $ВВП$ – валовой внутренний продукт, N – затраты природных ресурсов.

Параметр	Формула	Обозначения
Индекс антропогенной нагрузки территории (Гелашвили и др., 2003)	$I_{ан} = (\alpha^{-1}/n) * \sum I_i$	α – отношение фактической лесистости к оптимальной, I_i ($i = 1, n$) – индексы антропогенного пресса ($i = 1$ – плотность автотранспорта, 2 – эмиссия CO ₂ , 3 – сброс без очистки к V (суммарному объему сточных вод), 4 – V к площади территории, 5 – плотность населения, 6 – рождаемость, 7 – смертность, 8 – общая заболеваемость, 9 – инвалидность).
Индекс В.Г. Горшкова (Горшков, 1988, 1995)	I_G	Процент нарушенной территории.
Индекс физического качества жизни (physical quality of life index [PQLI]) М. Морриса (Morris, 1979)	$I_{фкжж} = (I_{мс} + I_{нжж} + I_{yz})$	$I_{мс}$ – младенческая смертность, $I_{нжж}$ – ожидаемая продолжительность жизни, I_{yz} – уровень грамотности взрослого населения (в %); все показатели в 100-балльной шкале.
Индекс антропогенного воздействия на окружающую среду П. Эрлиха (Paul R. Ehrlich)	$I_E = P * A * T$	P – плотность населения, A – благосостояние, T – технологический уровень.
Индекс устойчивости развития А.П. Федотова (Федотов, 2002)	$I_{sd} = D/D_{sd}$	D – реальная плотность мощности антропогенной нагрузки, D_{sd} – тоже допустимая величина.
ИРЧП – Индекс развития человеческого потенциала (human development index [HDI]) М. Десаи (Meghnad J. Desai)	$I_{чп} = (I_{\delta} + I_{нжж} + I_o)/3$	I_{δ} – индекс доходов, $I_{нжж}$ – индекс продолжительности жизни, I_o – индекс образования.
Индекс социально-экономической дисгармонии в обществе М. Китинга (Michael Keating) (Китинг, 2003)	$K_{\delta} = S_{\delta\delta\delta} / S_{\delta\delta\delta}$	$S_{\delta\delta\delta}$ – доходы 20% наиболее богатого населения, $S_{\delta\delta\delta}$ – то же для бедного населения.

Данный список индексов, 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 обобщен-

ный (интегральный) показатель. Границы применимости этих индексов на реальных объектах все еще остаются актуальными.

К перечисленным выше индексам можно добавить еще и следующие.

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

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

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

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

План благосостояния Вандерфорда-Райли (Vanderford-Riley well-being schedule) – показатель уровня жизни, учитывающий несколько показателей на душу населения. В США к ним относят рабочие часы в неделю, ценность собственного имущества физических лиц, отношение числа собственников имущества к числу несобственников, отношение числа работающих на себя к

числу всех трудоустроенных, а также процент людей, способных удовлетворить свои первичные нужды.

Индекс качества жизни по версии журнала «Economist Intelligence Unit» (The Economist Intelligence Unit's quality-of-life index). Этот показатель сочетает в себе как объективные данные, получаемые от статистических агентств, так и результаты опросов населения на предмет отношения к различным жизненным явлениям. Индекс рассчитывается на основе 9-ти факторов: материальное благополучие (ВВП на душу населения и паритет покупательной способности); ожидаемая продолжительность жизни новорождённых; рейтинги политической стабильности и безопасности; семейная жизнь (число разводов на тысячу человек в год); активность сообществ (религиозных, торговых и других); теплота климата (широта – для различения холодных и жарких климатических условий); гарантия работы (уровень безработицы); индексы политической и гражданской свободы; гендерное равенство (соотношение доходов мужчин и женщин). У индекса качества жизни и у ИРЧП разные задачи, поэтому различны и рейтинги стран по ним.

Валовое Национальное Счастье (ВНС; Gross National Happiness, GNH) – попытка определить жизненный стандарт через психологические и холистические (системные) ценности. Термин и индекс GNH появились в противопоставление Gross National Product. Это понятие ввёл четвёртый король Бутана Джигме Сингье Вангчук (Jigme Singye Wangchuck) в 1972 г. Смысл этого понятия для Бутана состоит в развитии такой экономики, которая соответствовала бы уникальной бутанской культуре, основанной на буддийских духовных ценностях. Духовные ценности и моральные цели трудно поддаются оценке и планированию, поэтому ВНС (GNH) – это лозунг для целей пятилетнего планирования развития экономики. Общепринятого численного показателя концепция не имеет, если не считать *международный индекс счастья* (Happy Planet Index) – индекс, отражающий благосостояние людей и состояние окружающей среды в разных странах мира (для его расчета используются

три показателя: субъективная удовлетворенность жизнью людьми, ожидаемая продолжительность жизни и так называемый «экологический след».

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

Индекс восприятия коррупции (Corruption perception index; CPI) – ординация стран мира в соответствии со степенью коррупции в восприятии государственных служащих и политиков (экспертные оценки; варьирует от 0 до 10, где 0 – максимальный уровень коррупции, 10 – минимальный) и хотя корни коррупции мы находим еще в древние времена, ее «взрыв» произошел в конце XX-го – начале XXI-го веков, в ходе роста степени глобализации. Наличие коррупции в одних странах стало негативно влиять на развитие других стран [www.transparency.org].

Индекс качества жизни, разработанный международной организацией International Living. Этот показатель формируется с помощью следующих девяти параметров: стоимость проживания, отдыха и культуры, экономического положения, состояния окружающей среды, свободы людей, здравоохранения, инфраструктуры, рисков и безопасности жизни, климатических условий [www.internationalliving.com] (уместно сравнение с *индексом физического качества жизни* М. Морриса).

Индекс роста конкурентоспособности. Рост индекса конкурентоспособности был разработан организаторами Всемирного экономического форума. Этот показатель ежегодно определяется более чем для 120 стран мира и издается в виде так называемого «Global Competitiveness Report». Индекс конкурентоспособности состоит из трех групп комплексных показателей (катего-

рий экономической политики): группа основных показателей, показатели эффективности усиления и группа инновационного и творческого внедрения в экономике [www.weforum.org].

Индекс экономической свободы, разработанный Heritage Foundation. Индекс экономической свободы формируется по десяти показателям: торговая политика страны, финансовая нагрузка со стороны правительства, государственное вмешательство в экономику, монетарная политика, потоки капиталов и иностранных инвестиций, банковская и финансовая деятельность, политика формирования цен и выплат, права на частную собственность, политика регулирования и неформальная деятельность на рынке. Эти десять показателей рассчитываются на основе экспертных оценок с использованием различных наборов экономических, финансовых, законодательных и административных данных [www.heritage.org].

Коэффициент Джини (Corrado Gini [1884-1965] – итальянский экономист, статистик) – мера статистической дисперсии, обычно используемой как показатель неравенства в распределении доходов и неравенства распределения богатства (по своей логике близок индексу социально-экономической дисгармонии в обществе М. Китинга). Он определяется как отношение со значениями от 0 до 1: низкий коэффициент Джини указывает на равные доходы и их распределение, в то время как высокий коэффициент Джини указывает на неравное распределение. Ноль соответствует абсолютному равенству, а 1 – абсолютному неравенству (там, где один человек имеет все доходы, а все остальные имеет нулевой доход). По всему миру коэффициент Джини варьируется от, примерно, 0,230 в Швеции до 0,707 в Намибии (хотя и не во всех странах проводится оценка [www.undp.org]).

Индекс «живой планеты» (Living Planet Index) базируется на экологических параметрах и оценивает состояние природных экосистем планеты. Входит в Ежегодный доклад Всемирного Фонда Дикой Природы (World Wild Fund). Индекс измеряет природный капитал лесов, водных и морских экоси-

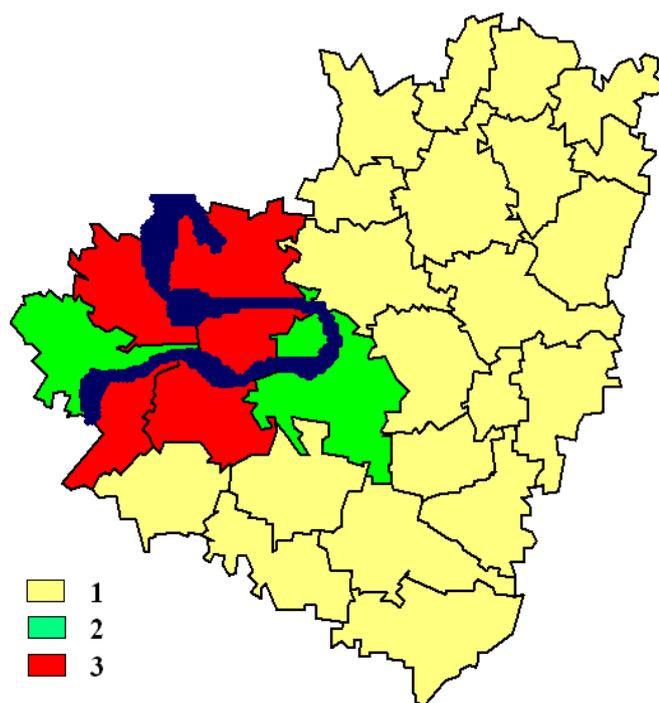
стем и рассчитывается как среднее из трех показателей: численность животных в лесах, в водных и морских экосистемах. Каждый показатель отражает изменение популяции наиболее представительной выборки организмов в экосистеме. В 1970-е годы человечество вышло за пределы восстановительных возможностей в глобальном масштабе, что является причиной истощения природного капитала и отражается в уменьшении индекса ИЖП на 33% за последние 30 лет.

Индекс скорректированных чистых накоплений (предложен Д. Пирсом и Дж. Аткинсоном в 1993 г.; развит специалистами Всемирного банка) характеризует скорость накопления национальных сбережений после учета истощения природных ресурсов и ущерба от загрязнения окружающей среды и измеряется в процентах от валового национального дохода. Положительный уровень истинных сбережений приводит к росту благосостояния, а отрицательные значения этого показателя свидетельствуют о негативном типе развития. Использование этого индекса отражает новый подход к измерению национального богатства стран. Принцип расчета индекса основан на переводе в денежный эквивалент входящих в формулу показателей: ущерб от загрязнения окружающей среды, расходы на развитие человеческого потенциала, затраты на охрану окружающей среды и т.д. Разработка вычисления индекса скорректированных чистых накоплений в нашей стране отражена в ряде работ (Бобыле и др., 2012; Safonov et al., 2013 и др.).

В настоящее время актуально внедрение экономико-экологических подходов, важнейшим аспектом которых является оценка природного капитала и экосистемных услуг (выгоды от экосистем). Такая оценка, выраженная в денежном эквиваленте, приобретает эколого-экономическое значение.

С использованием метода Р. Костанца (Costanza et al., 1997; Розенберг А., 2011) и ЭИС REGION для территории Самарской области была произведена оценка стоимости экосистемных услуг. Оценка была дана как в целом для области, так и по отдельным муниципальным районам (Розенберг А.,

2012, 2014, 2015; Розенберг А. и др., 2015, 2017; Кудинова, Розенберг А., 2014; Rozenberg et. al, 2014). Средняя стоимость одного км² экосистемных услуг муниципальных районов Самарской области приведена на рисунке 5. Суммарная стоимость учтенных экосистемных услуг через муниципальные районы составляет более \$3 млрд.



1 - до 78; 2 - от 78 до 139; 3 - более 139 (\$US*10³ на 2002 г.)

Рис. 5. Средняя стоимость км² экосистемных услуг муниципальных районов Самарской области

Индексы позволяют продемонстрировать, насколько уровень изучаемого явления в данных условиях отличается от уровня того же явления в других условиях. Их использование – попытка относительно просто и практически целенаправленно рассчитать и соизмерить сложные объекты или системы, состоящие из непосредственно несопоставимых элементов. Полученные на основе индексного метода расчетные показатели могут использоваться в более сложных математических моделях для характеристики развития анализируе-

мых процессов во времени или по территории, для выявления структуры, взаимосвязей и роли отдельных факторов в динамике сложных систем.

Трудно отрицать полезность и объективность индексов, если их автор точно знает «что с чем сложить, умножить и поделить», какие данные при этом использовать и что сравнивать. Построение индексов неизбежно приводит к переводу исходных показателей в разных единицах измерения к некой относительной безразмерной величине, которая не всегда имеет ясный физический смысл.

1.2. Обзор баз данных и информационных систем в области экологии и охраны окружающей среды

Базы данных, основу которых составляет структурированная информация характеристик состояния окружающей среды, принято относить к классу экологических. В зависимости от поставленных задач такая информация посредством информационных систем применяется в комплексном анализе, а также служит основой для выявления закономерностей. При этом используются как уникальные алгоритмы обработки, так и уже созданные стандартные пакеты (MS Excel, Statistica, Deductor, MatLab, R и др.).

Среди основных экологических задач следует отметить следующие:

- определение критических состояний;
- пространственное распределение экологических оценок;
- построение моделей;
- рассмотрение сценариев дальнейшего развития.

Пространственно распределенная информация по анализируемой территории наиболее наглядно отображается с помощью ГИС-технологий (системы ArcGIS, MapGIS, ArcView, MapMaster, GisMasner и др.). Поскольку геоинформационные системы занимают прочные позиции в картографии, они нашли широкое применение и в создании «экологических» карт.

Такие системы используются как для решения локальных задач, например, при оценке воздействия отдельного предприятия на окружающую среду (Бойко, Николенко, 2006 и др.), так и для решения проблем комплексного воздействия на достаточно протяженные территории (Красовская О. В., Скатерщиков, 2005; Донченко и др., 2010 и др.) и, следовательно, находят свое применение в области экологического менеджмента (Шалина, 2011).

Особое место занимают картографические исследования природных систем в целом и их отдельных компонентов. Например:

- анализ распространения редких сосудистых растений на территории Бурятии для проведения природоохранных мероприятий и выделения ключевых ботанических территорий (Санданов, 2016);
- построение интегрированной оценки на основе серии карт (растительности, почвы, физико-химических условий и т.д.) в целях администрирования, организации экотуризма и научных исследований территории национального парка «Калевальский» в Республике Карелия (Коросов, Поздняков, 2009);
- анализ экологического состояния ландшафтов Якутии для выработки научно-обоснованных подходов к рациональному природопользованию (Горохов и др., 2013);
- создание ландшафтно-геохимических карт на примере г. Москвы (Касимов и др., 2013);
- экологические исследования прибрежных морских акваторий и инвентаризация источников загрязнения (Дулупов и др., 2014);
- анализ экологических процессов на территориях и морских акваториях Сахалинской области с использованием ГИС (Шустин, Фокина, 2004);
- использование регионального геосистемного мониторинга различных участков территории (Коломыц и др., 2016; Крыщенко и др., 2013);

- картографирование оценок экосистемных услуг для территории Самарской области (Розенберг А., 2015; Розенберг А. и др, 2016);
- и многие другие.

К настоящему времени существует огромное количество информационных систем и соответствующих баз данных, направленных на мониторинг экологической обстановки регионального и локального уровня.

Рассмотрена разработка автоматизированных систем экологического мониторинга атмосферы на основе создания базы знаний для территории Тульской области (Вент и др., 2008). На примере Рязанской области проанализировано использование баз данных различных служб и ведомств и построение многомерной базы данных для экологического мониторинга (Прибылов, Бирюкова, 2013). Осуществлена разработка автоматизированного формирования природоохранных мероприятий при проведении экологической экспертизы промышленных предприятий на основе мониторинга территории Тамбовской области (Малыгин и др., 2003). С применением спутниковых технологий рассмотрены закономерности распространения загрязнений атмосферы Оренбургской области (Алтынбаев и др., 2014). Разрабатываются информационные системы мониторинга водных объектов (Баренбойм и др., 2009).

Существенным является структурирование экологической информации в виде набора показателей, входящих в соответствующие таблицы-справочники и таблицы результатов наблюдений и исследований. На основе анализа структур разработанных экологических баз данных предлагается структура типизированных экологических баз данных (Лебедев и др., 2009); создание баз данных мониторинга на основе биоиндикационного подхода (Алексеев и др., 2008; Янников, 2011 и др.).

С использованием системного подхода и учета иерархической подчиненности данных проанализированы подходы к проектированию базы данных для почвенно-экологического мониторинга агроландшафтов (Крыщенко и др., 2010, 2011). Рассмотрено проектирование информационной системы много-

мерной визуализации (4D-модели) при решении задачи численного моделирования нестационарной гидродинамики поверхностных вод в приложении к задачам экологии Волго-Ахтубинской поймы (Храпов и др., 2011).

Методы экологической оценки, основанные на комплексном подходе, занимают существенное значение при анализе состояния рассматриваемых территорий. Такие методы позволяют на основе агрегированных показателей (индексов) проводить ранжирование отдельных участков локального и регионального уровня, выявлять «проблемные зоны». К настоящему времени рассмотрен целый ряд таких подходов, использующих как уже известные индексы устойчивого развития, так совокупности социо-эколого-экономических показателей.

Применены методы комплексной экологической оценки региональных различий на территории Российской Федерации с использованием различных способов агрегирования показателей и применением логарифмического масштабирования (Битюкова, Кириллов, 2011). Рассмотрена комплексная оценка развития субъектов Приволжского федерального округа с помощью анализа положительной и отрицательной динамики на основе 32-х индикаторов устойчивого развития (Байбаков и др., 2011). Рассмотрен расчет эколого-экономического риска по пространственно-временной методике с определением порога устойчивости (Мусихина и др., 2014). Проведен анализ двух методик оценки экологического ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с учетом выбросов только в текущем периоде, с учетом прошлых периодов (Постников, Левда, 2013). Обсуждены подходы к оценке состояния и прогнозирования уровня загрязнения окружающей среды (Пономарев и др., 2009). Предложена методология оценки устойчивого развития на основе социально-экономической и экологической емкости (Татаркин, Гершанок, 2006).

Проведен анализ методов оценки экологического состояния территории и предложены два комплексных индекса, характеризующих природно-

экологический потенциал и ареалы хозяйственной освоенности, а также показатели структурной организации территории. Описаны методики расчета коэффициента биосферной значимости по всем типам природных образований (Лис, 2006).

Уделено внимание внедрению экологических оценок на основе комплексного анализа состояния атмосферного воздуха, воды, земельных ресурсов, биологического разнообразия флоры и фауны Волгоградской области, и подходам к оценке эффективности природоохранной деятельности на региональном уровне (Кириллов и др., 2013). Также рассмотрены медицинские и экологические аспекты здоровья населения и их оценка (Кириллов и др., 2011).

На примере Оренбургской области проведена комплексная экологическая оценка территории с учетом показателей по загрязнению окружающей среды и социальных показателей и выделением трех групп административных районов по уровню благоприятности жизни населения (Дрямова и др., 2016). Дана оценка экологического ущерба при загрязнении атмосферы в Тамбовской области (Уварова, Поддубная, 2007).

Моделирование процессов, происходящих в экологических системах, базируется не только на знаниях об их устройстве и функционировании (Одум, 1975, 1986; Риклефс, 1979; Бигон и др., 1989; Реймерс, 1990; Розенберг, 2013, 2016 и многие другие), но и на использовании соответствующих типов математических моделей (Меньшуткин, 1971; Сочава, 1978; Свирежев, 1983; Фурсова, Левич, 2002; Форрестер, 2006; Коломыц, 2008 и другие), среди которых принято выделять дискретные модели, модели детерминированного хаоса, стохастические модели, «портретные модели» и т.д. (Тропп и др., 2002).

Особое место занимают модели, которые позволяют рассматривать сценарии дальнейшего развития социо-эколого-экономической системы и ее отдельных компонент.

Примерами таких разработок являются: определение состояния социально-эколого-экономических систем на основе комплексного критерия, использующего модель с применением элементов теории компараторной идентификации (Шаронова и др., 2014); прогнозирование уровня загрязнения воздушного бассейна на примере города Владивосток отдельными ингредиентами с использованием нейросетевых технологий и сравнением полученных результатов с классическими регрессионными моделями (Кику, Горборукова, 2014); модели для прогнозирования техногенных воздействий на население с возможностью последующего картографирования с помощью ГИС-технологий (Петухов, 2008; Пименов и др., 2011); моделирование пространственной структуры растительного покрова с использованием геоинформационного подхода (Савельев, 2004); количественная оценка функциональной устойчивости и прогнозное картографирование лесных экосистем на основе карт-матриц количественных показателей факторов среды с использованием ландшафтно-экологического подхода (Коломыц, Шарая, 2012, 2013, 2015; Шарая, 2012); прогноз влияния глобального потепления на локальные экосистемы (Коломыц и др., 2010, 2011) и другие.

Накопление в экологических базах данных показателей-характеристик, показателей-критериев, показателей, характеризующих пороговые (критические) значения приводит к созданию соответствующих баз знаний и экспертных систем (Попов и др., 1996; Гаврилова, Хорошевский, 2000; Джексон, 2006 и др.), важнейшей задачей которых является комплексная оценка состояния территорий и прогнозирование ее изменений под воздействием антропогенной нагрузки.

«Из немногих существующих программ оценки устойчивости региональных социально-экономических систем наиболее известна экспертно-информационная система REGION. Она была создана в Институте экологии Волжского бассейна РАН для пространственно-распределенных данных по территории Волжского бассейна, ряда областей (Самарская, Ульяновская) и

городов. Основным недостатком этой системы является акцент на физико-географических, биоценологических характеристиках территории, описании промышленного потенциала» (Гурбан и др., 2016). С нашей точки зрения указанные недостатки являются достоинствами, поскольку основополагающим принципом устойчивого развития является сохранение качества окружающей среды.

Глава 2. ЭКСПЕРТНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА REGION

Разработанная в Институте экологии Волжского бассейна РАН экспертно-информационная система REGION (ЭИС REGION) является многофункциональным инструментом анализа пространственно распределенных экологических, экономических, социальных данных для территорий разного масштаба. Созданные базы данных и предоставляемые функциональные возможности системы позволяют проводить комплексную обработку данных в зависимости от поставленных целей и задач. Опираясь на системный подход, интегральная оценка социо-эколого-экономического состояния территорий дает возможность определить «проблемные» и «благополучные» зоны (т.е. проводить классификацию отдельных участков исследуемой территорий). Выявленные тенденции и зависимости могут служить основой для формулирования критериев и вариантов дальнейшего развития.

Необходимость формирования комплексных экологических программ, накопленный опыт в прогнозировании изменений экологической ситуации (Методические указания ..., 1985; Миркин и др., 1986; Розенберг, 1985, 1986, 1988, 1991; Розенберг и др., 1986), потребность в разработке обоснованных управленческих (экономических и социальных) решений с учетом состояния окружающей среды, а, следовательно, и «качества жизни», актуализировали создание информационной системы. Такая экоинформационная система должна обеспечивать оперативный доступ к совокупности данных и знаний, предназначена решать задачи экологической оценки состояния региона, а также определять оптимальные сценарии его дальнейшего развития.

ЭИС REGION и соответствующая ей база данных, включающая разнообразную пространственно распределенную информацию, нацелена в первую очередь на анализ социо-эколого-экономического состояния территории. Объектом такого анализа может быть как отдельная административная единица

(город, область, край, республика), так и любая выделенная формальным или неформальным путем часть земной поверхности (природно-климатическая зона, бассейн реки, ландшафтный район и т.д.). Фактически реализуется методологический принцип «экологической матрешки» (Костина и др., 2004; Розенберг, 2002; Rozenberg et al., 2006).

В настоящее время идет непрерывный процесс пополнения баз данных информацией и создание программного обеспечения, реализующее алгоритмы обработки, направленные на решение самых разных задач, главной из которых является оценка состояния территории по комплексу социо-эколого-экономических параметров.

ЭИС REGION, используя реализованные алгоритмы обработки информации (База эколого-экономических..., 1991; Розенберг, 1992; Розенберг, Шитиков, 1992; Rozenberg., Shitikov, 1993; Розенберг и др., 1994, 1995, 1999, 2000, 2006; Крылов и др., 1999; Розенберг, Дунин, 1999; Костина, 2004; Костина, Кузнецова, 2005; Шитиков и др., 2003, 2004, 2005, 2006; Шитиков, 2006), успешно применялась в решении различных экологических (Розенберг, 1997, 2009; Костина и др., 2003, 2010), медико-биологических (Краснова, 2009; Лифиренко, 2006; Шиманчик, 2006; Лифиренко Д., Лифиренко Н., 2012; Миронова, 2012; Розенберг и др., 2009; Лазарева и др., 2015), экономических (Розенберг, 1994; Черникова, 1998; Юрина, 2002; Кудинова, 2004) и других задач для разных территорий: Волжского бассейна (Краснощеков, Розенберг, 1999; Розенберг, Краснощеков, 1996, 1997; Rozenberg, 1995, 1997; Розенберг, 1992, 1998, 2001, 2009; Розенберг и др., 2000), Республик Татарстан (Розенберг Г.С., Краснощеков, 1997), Башкортостан (Розенберг, 1997), Ульяновской (Шустов и др., 1993; Погодин, Розенберг, 2000; Розенберг и др., 1997), Самарской областей (Розенберг и др., 1990, 1991; Розенберг и др., 1994; Экологическая ситуация..., 1994).

2.1. Концепция построения ЭИС REGION

Первые шаги по формированию концепции построения ЭИС REGION были сделаны в 1990 г. (Розенберг и др., 1990, 1991; Rozenberg, Kostina, 1990).

В основу этой концепции положены две необходимые составляющие:

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

Таким образом, основой системы является база данных, включающая разнообразную пространственно распределенную информацию для рассматриваемой территории, а одной из главных задач являются оценка экологического состояния, выделение «благополучных» и «кризисных» зон, построение моделей и прогнозов (База эколого-экономических..., 1991; Розенберг, 1991, 1992; Rozenberg, 1995; Кузнецова и др., 1991; Розенберг и др., 1994, 1995), которые должны быть учтены при формировании экологической политики.

Известно, что самым эффективным инструментом для хранения и отображения пространственно распределенных показателей являются геоинформационные системы (ГИС). ЭИС REGION содержит упрощенный вариант пространственного описания территории, поскольку основной упор делается не на точную географическую привязку, а на дальнейший комплексный анализ.

Таким образом, пожертвовав географической эстетичностью, которая по отношению к пространственно размытым данным вряд ли оправдана необходимостью, информационная система приобретает не менее привлекательные качества: дешевизна, экономичность в ресурсах, простота в освоении, эксплуатации и интерпретации выходных данных.

Основная задача ЭИС REGION – не только накапливать текущую или ретроспективную информацию, но и проводить ее комплексную обработку.

Программное обеспечение предоставляет следующие **функциональные возможности**:

- ввод, корректировка и хранение разнородной экологической информации;
- графическое отображение на экране дисплея и печать картограммы пространственного распределения каждого показателя по участкам территории;
- многоаспектный поиск и формирование в режиме диалога подмножества показателей по имеющимся рубрикационным полям для дальнейшей обработки с целью получения комплексных показателей;
- математическая обработка показателей с целью экологического районирования анализируемой территории;
- построение зависимостей «факторы-отклик» с определением достоверных связей.

Модель базы данных (Костина, 2005, 2015; Шитиков и др., 2005; Розенберг, 2009) состоит из двух типов таблиц: условно-постоянного назначения (объекты, рубрикатор показателей, список показателей и списки участков, районов, городов) и информационных таблиц (показатели в натуральных значениях, в баллах, комплексные показатели), характеризующие каждый участок (рис. 6).

Показатели, загружаемые в таблицы базы данных, могут быть представлены в самых разнообразных шкалах измерений (абсолютные, относительные значения, балльные оценки, ранги и др.). Следует отметить, что пространственное распределение значений показателей не всегда соответствует теоретически нормальному или равномерному распределению, поэтому проблемным является идентификация «выбросов», фильтрация аномальных значений, учет флуктуаций субъективного порядка.

Решающее значение для получения адекватных результатов математического моделирования является система предобработки исходных данных

путем перевода разноплановых исходных показателей, имеющих различные единицы измерения, в нормированную шкалу. Выбор метода нормирования зависит от характера распределения показателя, наличия экологического оптимума и осуществляется экспертным путем.



Рис. 6. Информационная модель базы данных ЭИС REGION

Схема экспертной системы REGION включает в себя базу данных и совокупность алгоритмов обработки информации. Виды обработки пространственно распределенной информации и получаемые результаты частично реализуют экологическую базу знаний по изучаемому региону (рис. 7).

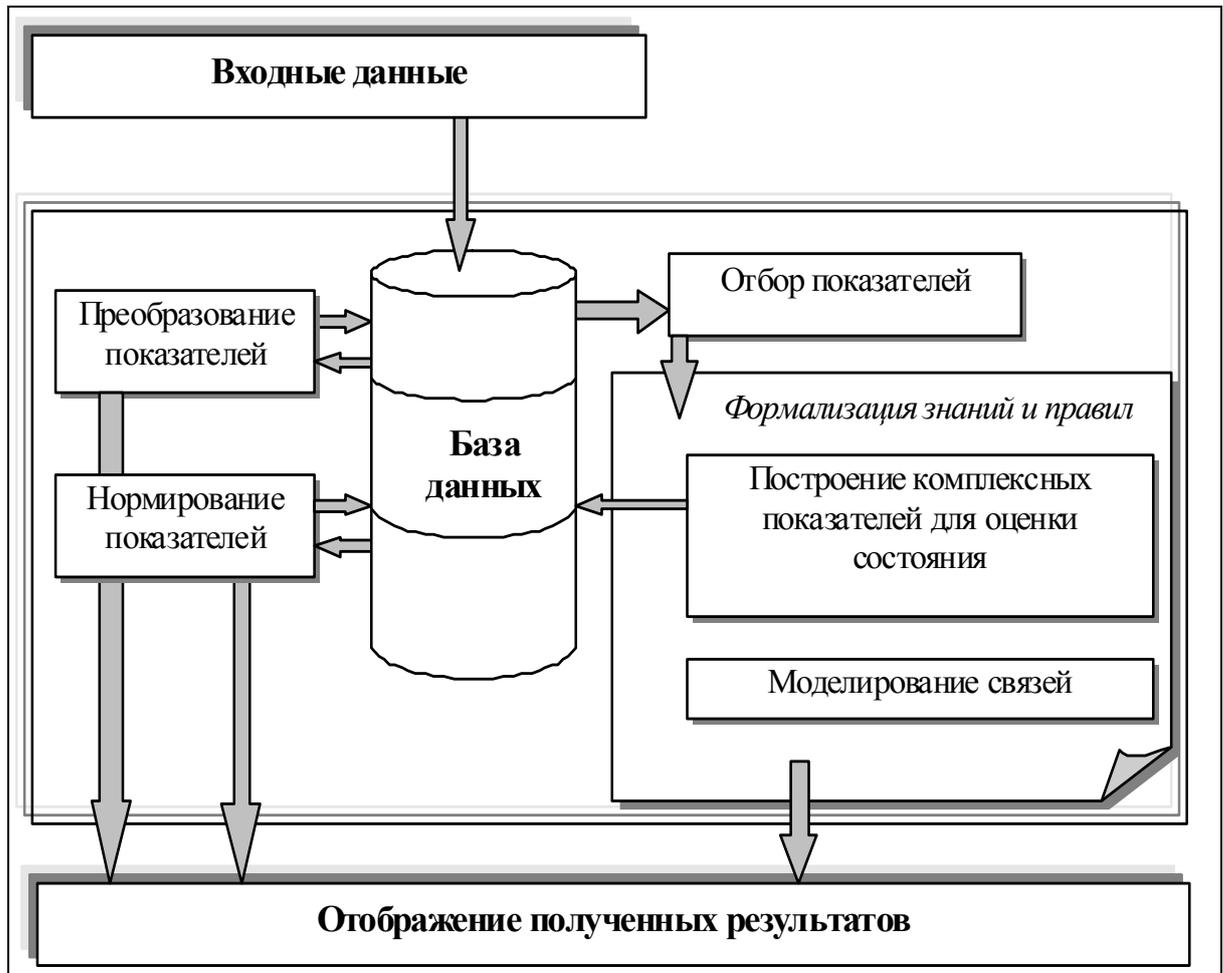


Рис. 7. Схема ЭИС REGION

Предусмотрено несколько алгоритмов синтезирования комплексных (обобщенных, интегральных) показателей, которые формируются в результате информационной свертки (редукции) некоторого произвольного подмножества показателей. Исследователь может по желанию получить любое множество различных комплексных показателей из произвольного набора уже имеющихся в базе данных. Причем в состав порождаемого множества могут входить как исходные, так и ранее синтезированные обобщенные показатели. Разумно сконструированные комплексные показатели являются мощным инструментом в экологической оценке состояния изучаемой территории.

Комплексные показатели, полученные с помощью алгоритмов ЭИС REGION или других внешних методов, входят в общую систему данных и образуют базу «метаданных».

Очевидно, что прежде, чем проводить анализ или моделирование, разнородная информация должна быть унифицирована. Очень важными (особенно по отношению к данным официальной статистики) стали сформулированные две «аксиомы»:

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

Эти «аксиомы» позволяют перейти от абсолютных значений к бальным оценкам показателей, отражающим более-менее реальную дифференциацию.

Статистическая информация иногда зашумлена и даже тенденциозна, а ее пространственная привязка нередко оказывается весьма размытой. Тем не менее, при разумном подходе к ее обработке и интерпретации, эти данные становятся не только важным, но и определяющим звеном информационной модели территории.

2.2. Формализация пространственного описания территории

Формализация пространственного описания заключается в упорядочивании разнородных данных в единую информационную структуру. Вся информация в ЭИС REGION унифицируется путем выделения в рамках карто-схемы дискретных территориальных единиц.

В нашем случае на карте территории выбиралась пространственно-координатная сетка регулярного типа с такой степенью масштабной детализации, которая удовлетворяет двум конкурирующим условиям: минимальные потери информации и целостность зрительной интерпретации. Для этого на карте проводится $(n-1)$ горизонтальных и $(m-1)$ вертикальных параллельных линий, которые разделяют карту на $m \times n$ прямоугольников или квадратов, именуемых в дальнейшем «участками».

Участок — это элементарный, далее не дробящийся объект привязки пространственно распределенной информации. Постулируется, что каждый показатель в любой точке участка имеет одинаковое численное значение.

При построении регулярной сетки учитываются следующие обстоятельства:

- удобство координатной привязки, простота построения и охват всей территории;
- целостность восприятия получаемых результатов;
- увеличение количества участков должно быть оправдано и обосновано как целью исследования, так и имеющимися пространственно распределенными показателями – их уровнем *пространственной подробности*.

Поскольку к каждому участку привязан целый спектр значений по разным показателям, обработка пространственно распределенной информации сводится к обработке матриц соответствующего размера. Отсюда вытекает, что слишком большое количество участков приводит к лавинообразному увеличению размерностей матриц при дальнейшей программной обработке, что приводит к непроизводительному расходу ресурсов памяти, увеличению времени выполнения вычислительных процедур и т.д. К тому же, слишком большое количество участков становится нецелесообразным так как, существенная часть информации представлена в агрегированном виде (по областям, республикам, административным районам).

При создании пространственно-координатной сетки территория, например, Волжского бассейна, была разбита на 210 участков площадью 6,5 тыс. км², территория Самарской области – на 287 участков площадью 193 км² и т.д. Такая разбивка была продиктована еще и ограничением уровня компьютерного развития в самом начале создания системы REGION. Для отображения значений показателей и полученных результатов на экране компьютера (22 строк, 80 столбцов) каждый участок соответствовал пресечению двух столбцов и одной строки. Для отображения территории Волжского бассейна было задействовано 42 столбца и 21 строка, а для территории Самарской области - 50 столбцов, 19 строк.

Полученные участки-«прямоугольники» не привязаны к градусной сетке, но такой подход сохраняет возможность отражать общую картину изучаемой территории.

Поскольку настоящая методика создавалась в первую очередь для административно-территориальных единиц, на карте изучаемой территории выделяются районы и города.

Район в общем смысле – связанное подмножество выделенных участков, количество которых может быть произвольным. Однако не должно быть ни одного участка территории, не отнесенного ни к одному из районов, как не должно быть участка, отнесенного к нескольким районам одновременно. Выделение района как объекта информации определяется лишь традицией представления статистической информации (например, плотность населения, выбросы в атмосферу, водоиспользование, площади ООПТ и т.д.). Для Волжского бассейна районами являются входящие в него области, автономные республики и прочие административные единицы. Возможно выделение районов и по природным характеристикам, например с учетом физико-географического районирования.

Город в общем смысле – специальным образом интерпретируемый участок картосхемы, по которому имеются самостоятельные значения показателей. Каждый город должен находиться на территории какого-либо района. Выделение городов связано с теми же обстоятельствами, что и выделение районов.

Большинство показателей, необходимых для оценки экологического состояния исследуемой территории, имеют административную привязку, что определяется сегодняшним уровнем экологического мониторинга. Показатели, характеризующие природную среду, имеют, как правило, иную, иногда более детальную информационную привязку к территории и не зависят от административного деления. Усреднение таких показателей в пределах каждого участка, хотя и приводит к потере информации, но позволяет осуществить

выравнивание показателей для получения более надежных и сопоставимых результатов.

2.3. Схема базы данных (структура БД и ее возможности)

Основной задачей БД ЭИС REGION является хранение массивов различных показателей, отражающих в конечном итоге состояние социо-эколого-экономических систем. В состав списка показателей входят также полученные комплексные показатели*. Источниками данных служат годовые отчеты о состоянии окружающей среды, сведения государственной статистической отчетности по антропогенному воздействию и природопользованию, результаты НИР и экологического мониторинга.

Реализация. Организация пространственно распределенных данных опирается на те же основные принципы, что и в любой другой информационной системе, в первую очередь на некоторую информационную модель данных (рис. 6), которая отражает пространственно-временное состояние и взаимосвязи между отдельными элементами. Структура таблиц сформирована таким образом, чтобы обеспечить реляционную модель данных и использовать систему управления базами данных (СУБД) реляционного типа. Содержательная база данных ЭИС REGION была первоначально создана в оболочке СУБД dBase III Plus, а часть программного обеспечения обработки данных написана и отлажена в системе Clipper на языке, близком к языку dBase III Plus. Далее в среде MS Access была разработана следующая версия ЭИС REGION, сохранившая информационную совместимость и преемственность основных концепций первой версии (Костина и др., 2003; Костина, 2005).

Выбор среды MS Access продиктован следующими обстоятельствами. MS Access входит в стандартный набор Microsoft Office и представляет собой

* Получено Свидетельство о государственной регистрации базы данных "REGION" № 2015620402 (дата государственной регистрации в Реестре баз данных 27 февраля 2015 г.).

«самодостаточную» систему, с помощью которой можно не только выполнять типовые запросы в стандарте SQL, но и создавать свой программный код, используя встроенный объектно-ориентированный язык Visual Basic for Applications. Помимо этого имеется возможность эксплуатации базы данных в локальной сети, то есть использовать информацию в параллельном режиме и обеспечивать защиту данных от случайных изменений. Схема данных, включающая структуру таблиц и их связи, представлена на рисунке 8.

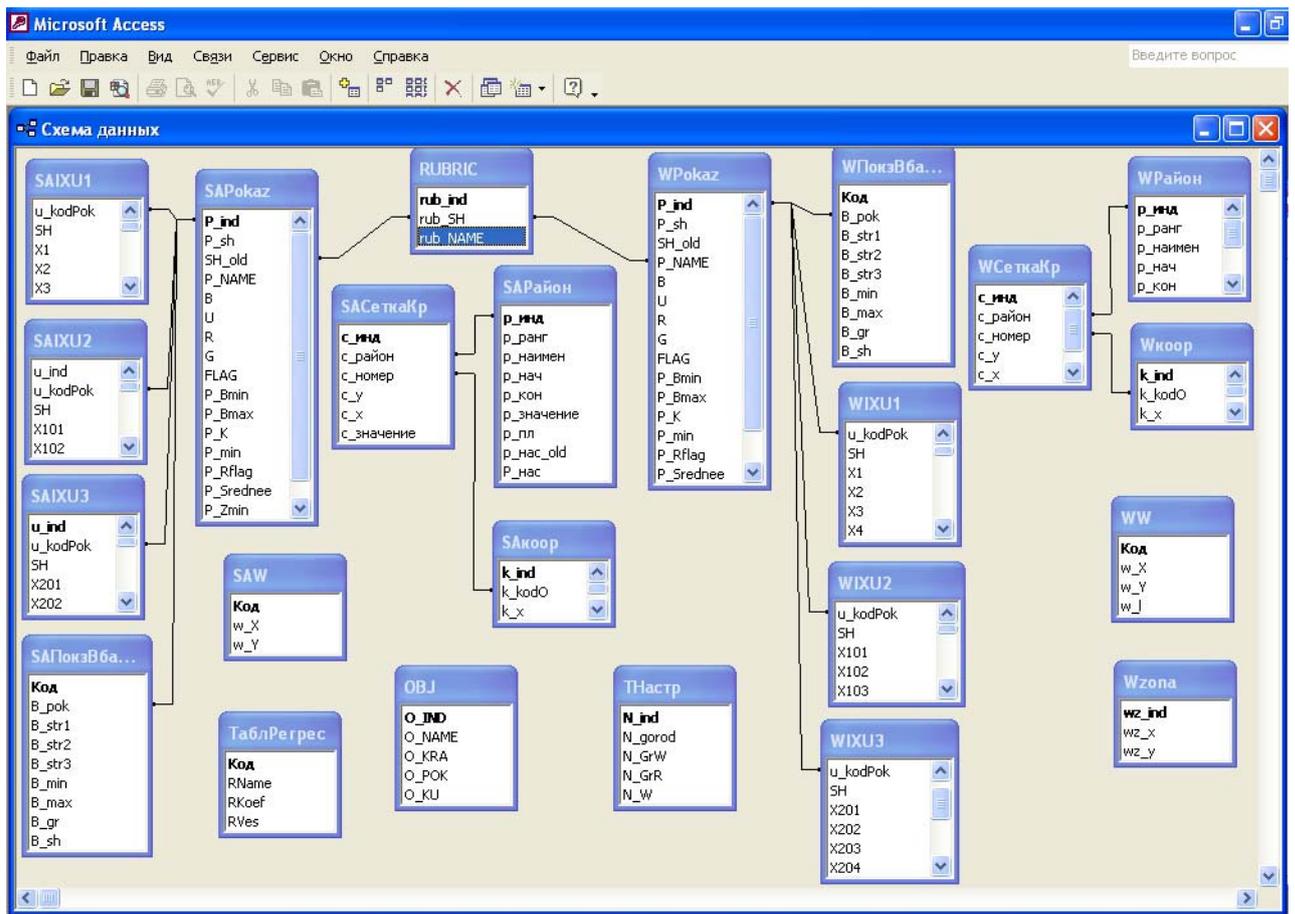


Рис. 8. Схема данных (таблицы и их связи)

Основу информационной части БД составляет набор разнообразных показателей. **Показатель** – выраженная в числовом виде характеристика социо-эколого-экономической системы, имеющая какое-либо пространственное распределение по территории. Значения показателей могут иметь самые разные единицы измерения, быть безразмерными, относительными, интегральными и

т.д. Для удобства добавления, изменения, поиска показателей и формирования новых комплексных показателей используется рубрикатор тем (табл. 2).

Таблица 2.

Рубрикатор тем

Темы
Геоморфология ландшафта
Климатические ресурсы
Почвенные ресурсы
Растительные ресурсы
Животный мир
Общие показатели
Загрязнение атмосферы
Транспортная нагрузка
Рекреационная нагрузка
Сельскохозяйственная нагрузка
Водопотребление и водоотведение
Заболеваемость взрослого населения
Заболеваемость детского населения
Экономические показатели
Обобщенные комплексные показатели

Показатели могут вводиться (в зависимости от подробности имеющейся информации) по участкам (рис. 9). Участки пронумерованы и каждому задано соответствующая целочисленная «координата» по координатной сетке.

Значительная часть имеющейся информации (экономической, социальной, медицинской, характеристики антропогенного воздействия) не определена для каждого отдельного участка и помещается в базу в соответствии со списками районов (областей/республик). Информация по административным единицам более агрегирована, и соединение таких данных с более подробными пространственно распределенными показателями приводит к некому компромиссу.

Многие из показателей, имеющих административную привязку, выражены в абсолютных значениях. Для корректности дальнейшей обработки таких данных в ЭИС REGION предусмотрен автоматический перевод в относительные величины (определение значений показателя на единицу площади или численности населения) с дальнейшим распределением по участкам (рис. 10-11).

Ввод нового показателя

Рубрика: **Загрязнение атмосферы**

как есть
 делить на площадь (кв.км)
 делить на население (тыс.чел.)

Наименование показателя:
 Новый показатель

	значения
Владимирская обл.	108
Волгоградская обл.	6
Ивановская обл.	54
Калужская обл.	42
Кировская обл.	58
Костромская обл.	67
Московская обл.	24
Нижегородская обл.	43
Пензенская обл.	18
Пермская обл.	50
Рязанская обл.	73
▶ Самарская обл.	7
Саратовская обл.	6

Рис. 10. Окна диалога для ввода нового показателя по административному делению территории Волжского бассейна

База данных всегда может быть дополнена новыми характеристиками и сведениями, она не является замкнутой и всегда открыта для использования.

Ввод нового показателя

Рубрика: **Экономические показатели**

Наименование показателя:

как есть
 делить на площадь (кв.км)
 делить на население (тыс.чел.)

	значения
▶ Алексеевский	0
Безенчукский	0
Богатовский	0
Большеглушицкий	0
Большечерниговский	0
Борский	0
Волжский	0
Елховский	0
Исаклинский	0
Камышлинский	0
Кинель-Черкасский	0
Кинельский	0

Рис. 11. Окна диалога для ввода нового показателя по муниципальным районам Самарской области

2.4. Алгоритмы обработки

Функциональные возможности ЭИС REGION базируются на совокупности алгоритмов обработки информации, хранящейся в базе данных, и содержит ряд процедур (рис. 12).

Помимо стандартной возможности ввода и редактирования значений каждого показателя предусмотрена возможность нормирования его значений и перехода к балльным оценкам. При необходимости значения показателя можно преобразовать, а затем перейти к переводу в баллы. Балльная оценка позволяет отобразить пространственное распределение в виде картограммы.



Рис. 12. Процедуры обработки показателей в ЭИС REGION

Реализованы алгоритмы синтезирования интегральных показателей. Такие показатели получаются в результате информационной свертки (редукции) некоторого заданного подмножества показателей, которое задается целями исследования.

Оценка сценариев возможного развития территории (построение прогнозов) и моделирование связей базируются на методах множественного регрессионного анализа с исключением недостоверных показателей.

2.4.1. Нормирование значений показателя и переход к балльным оценкам

Поскольку имеющиеся показатели имеют область значений в различных единицах измерения и принадлежат к определенному виду шкалы, то обычно для унификации и сопоставимости используются традиционные способы нормировки.

Наиболее популярной нормировкой является нормировка по «минимуму»:

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad \tilde{x}_i \in [0,1],$$

где \tilde{x}_i , и x_i - новые и старые значения показателя.

В случае, когда имеются относительно редкие выбросы, намного превышающие типичный разброс, допустимо осуществлять преобразование показателя, ориентируясь не на экстремальные значения, а на типичные, т.е. использовать статистические характеристики данных, такие как среднее (\bar{x}) и дисперсия (σ^2):

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}.$$

Однако в этом случае нормированные величины не принадлежат гарантированно единичному интервалу, к тому же, максимальный разброс значений заранее не известен.

В случае использования нелинейного преобразования вида:

$$f(a) = \frac{1}{1 + e^{-a}}, \quad \text{где } a = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma},$$

получаем нормированные значения показателя на интервале $[0,1]$, причем распределение значений приближается к равномерному. Такая нормировка используется в нейросетях, где максимизируется энтропия входной информации.

Для отображения пространственного распределения значений показателя на картосхеме и дальнейшего использования в расчетах в виде балльных величин в текущей версии ЭИС REGION используется равномерная шкала (рис. 13). В этом случае весь диапазон варьирования значений показателя делится на поддиапазоны по формуле $(X_{\max} - X_{\min})/K_b$. Выбор количества градаций (K_b) полностью зависит от пользователя, однако следует придерживаться вариантов с отсутствием пустых интервалов и «похожести» на нормальное распределение значений показателя. В рамках текущей версии системы REGION максимальное значение K_b равно шести.

Нормирование в баллы

Показатель: Информационный индекс Шеннона разнообразия ландшафтов

Количество измерений:	210
Нулевых значений:	1
Максимальное значение:	1,64017
Минимальное значение:	0
Среднее:	0,9418561
Дисперсия:	0,1153512
Кэф. вариации:	36,06007 %

Распределения:

- 2 градации
- 3 градации
- 4 градации
- 5 градаций
- 6 градаций

Минимальное значение балла:

- 0
- 1

ЗАКРЫТЬ **Преобразование** **Записать в базу**

Рис. 13. Окно диалога нормирования в баллы с использованием равномерной шкалы

Вычисляется также вспомогательная статистика: минимальное и максимальное значения показателя, среднее, дисперсия и коэффициент вариации (%), характеризующий меру изменчивости значений выбранного показателя.

Имеется возможность использования нормирования по равномерной шкале с заданным пользователем диапазоном для сопоставимого отображения показателя, например в разные временные периоды, или по уже существующей шкале.

Перевод значений показателя в балльную шкалу приводит к потере точности. Однако, как показывает практика, погрешность большинства исходных эколого-социально-экономических данных столь велика, что ошибка измерения практически сопоставима с величиной самого исходного показателя. В связи с этим можно предположить, что переход к оценке большинства анализируемых показателей в балльную шкалу не приводит к качественным информационным потерям.

2.4.2. Преобразование значений показателя

Предусмотрено использование нескольких видов преобразований значений показателя (рис. 14) как для более наглядного отображения на картограмме (картосхеме), так и для дальнейшего применения в построении моделей.

Несколько типов преобразований служат для приближения распределения показателя к нормальному распределению, а также для случаев наличия явно удаленных максимальных (или минимальных) значений.

Для преобразования распределения при крутой левой и пологой (растянутой) правой ветви кривой распределения применяются преобразования исходных значений показателя:

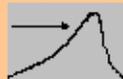
1. $X' = \lg(X + A)$ – логарифмирование;
2. $X' = 1/\sqrt{(X + A)}$ – обратное значение квадратных корней;
3. $X' = 1/(X + A)$ – обратная величина.

Преобразование показателя

Общая обеспеченность водными ресурсами в год, тыс.куб.м./чел

Наименьшее значение показателя = 0,3





$X' = \ln(X+A)$

$X' = \lg(X+A)$

$X' = 1/\sqrt{X+A}$

$X' = 1/(X+A)$

$X' = (X+A)^{1,5}$

$X' = (X+A)^2$

A=

Закреть
Преобразовать и записать в базу

Рис. 14. Окно диалога для преобразования показателя

Преобразование «обратная величина» является наиболее «сильным». Среднее положение между логарифмическим преобразованием и «обратной величиной» занимает преобразование «обратное значение квадратных корней».

Параметр A задается исходя из минимального значения показателя, которое должно быть больше нуля (в случае наличия отрицательных и нулевых значений): $A = X_{\min} + \Delta$. Если все значения показателя положительны, то $A = 0$.

Для нормализации распределения смещенного вправо (растянута левая часть) служит степенное преобразование: $X' = X^A$, при этом $A = 1,5$ при умеренном и $A = 2$ при сильно выраженном смещении.

Полученный преобразованный показатель заносится в базу данных, и далее может быть подвергнут нормировке и дальнейшей обработке.

2.4.3. Отображение показателей

Реализована процедура упрощенного изображения территории с возможностью вывода на экран или печать административных границ, основных водных объектов, городов (рис. 15).

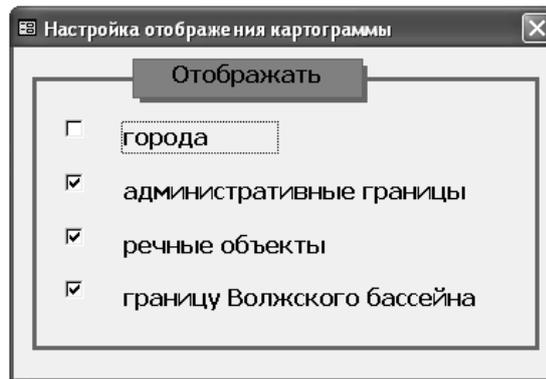


Рис. 15. Выбор настроек для отображения картограммы

Отображение пространственного распределения значений показателя производится в виде цветной картограммы (рис. 16 и 17).

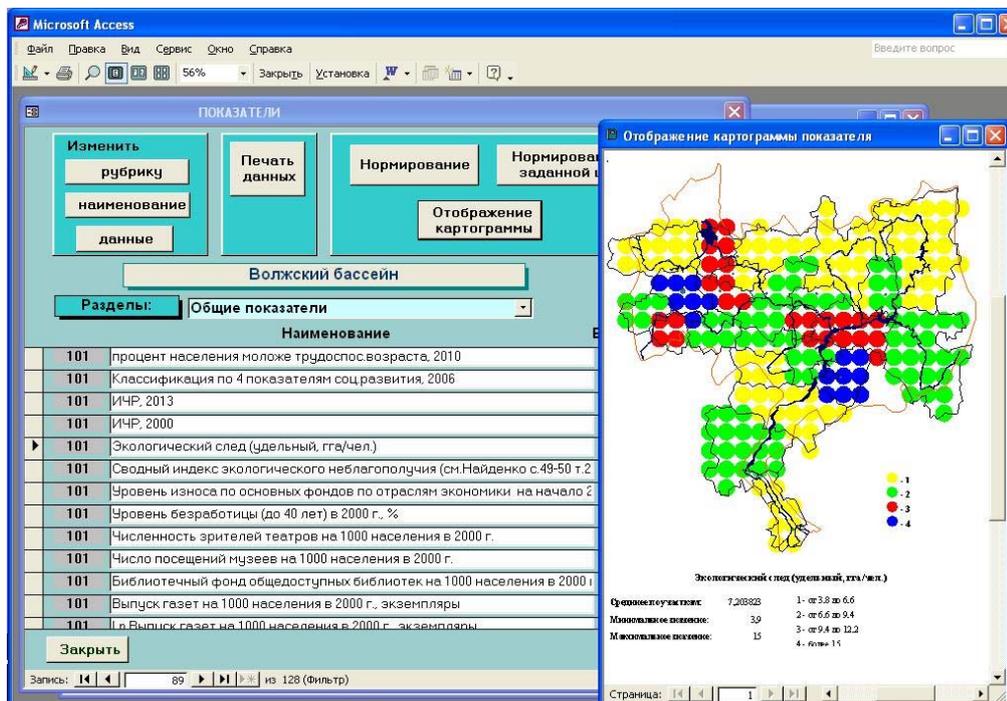


Рис. 16. Отображение пространственного распределения выбранного показателя для территории Волжского бассейна

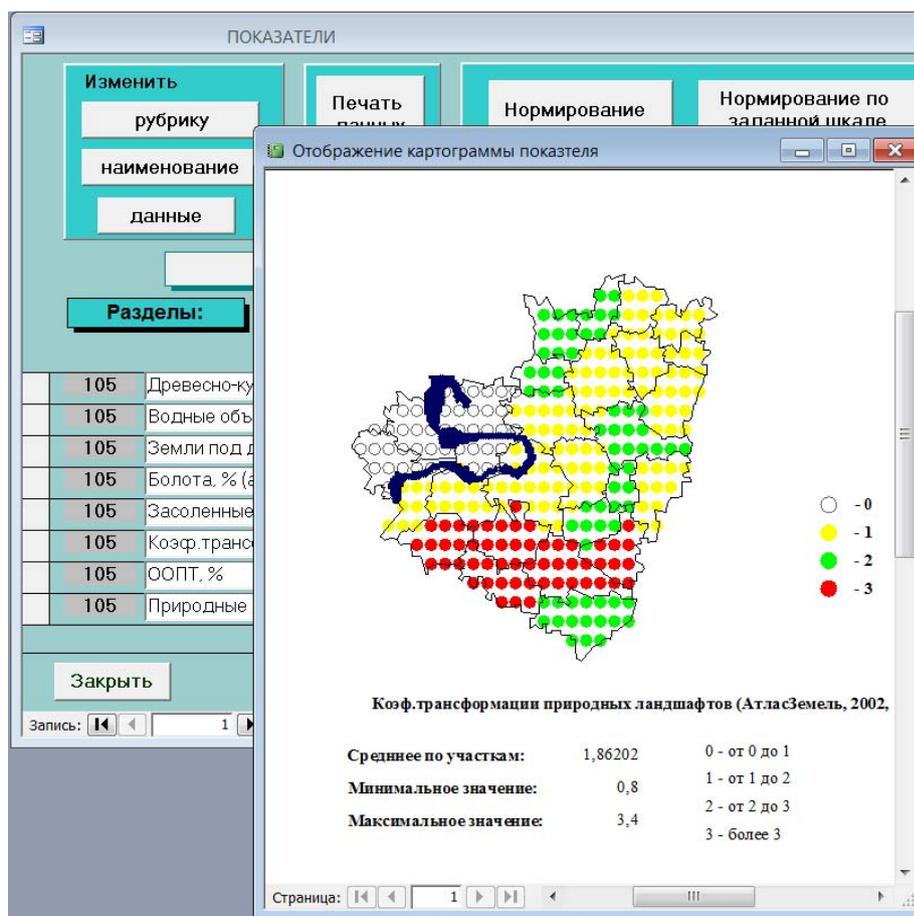


Рис. 17. Отображение пространственного распределения выбранного показателя для территории Самарской области

Отобразить можно любой нормированный показатель как исходный, так и полученный комплексный. Раскраска участков территории осуществляется автоматически в зависимости от полученных балльных значений и выбранной палитры.

2.4.4. Получение комплексных показателей

Возможность синтезирования комплексных показателей с использованием реализованных в ЭИС REGION алгоритмов обеспечивает получение по желанию исследователя любого множества различных комплексных показателей из произвольного набора уже имеющихся в БД ЭИС REGION показателей. Разумно сконструированные комплексные обобщенные показатели явля-

ются мощным инструментом в экологической оценке состояния изучаемой территории.

Алгоритм «комплекс»

К настоящему времени практически общепотребительной схемой обобщения данных в экологии и экономике являются методы, основанные на гипотезе аддитивности индивидуальных вкладов. В состав подмножества могут входить как исходные, так и ранее синтезированные обобщенные показатели, для которых вычислена балльная оценка (рис. 18).

Построение комплексного показателя. Самарская область

Наименование комплексного показателя:

Метод:

Весовой коэф.	Наименования отобранных показателей
<input type="text" value="1,00"/>	Обобщенная оценка нарушения земель, баллы
<input type="text" value="1,00"/>	Обобщенная характеристика промышленной нагрузки, баллы
<input type="text" value="1,00"/>	Общая энергетическая нагрузка, баллы
<input type="text" value="1,00"/>	Общая транспортная нагрузка, баллы
<input type="text" value="1,00"/>	Общая рекреационная нагрузка, баллы
<input type="text" value="1,00"/>	Общая с/х нагрузка, баллы
<input type="text" value="2,00"/>	Общая пестицидная нагрузка, баллы

Методы подсчета:

- простая сумма
- простое среднее
- взвешенная сумма**
- взвешенное среднее

Закреть

Создать комплексный показатель

Запись: из 7

Рис. 18. Окно диалога для построения комплексного показателя

Получаемый комплексный показатель представляет собой вектор той же размерности, что и базовый, каждый i -й компонент которого вычисляется по одной из формул:

$$\text{простая сумма} - X_i = \sum_{j=1}^p V_{ij};$$

$$\text{простое среднее} - X_i = (\sum_{j=1}^p V_{ij}) / p;$$

$$\text{взвешенная сумма} - X_i = \sum_{j=1}^p K_j \cdot V_{ij};$$

$$\text{взвешенное среднее} - X_i = (\sum_{j=1}^p K_j \cdot V_{ij}) / \sum_{j=1}^p K_j;$$

где V_{ij} – компоненты j -го вектора, порождающего подмножества показателей, выраженные в балльной шкале; K_j – весовые коэффициенты, отражающие относительную значимость j -го показателя в конструкции обобщенного показателя; p – количество выбранных показателей.

Множители K_j представляют собой произвольное положительное или отрицательное число, задаваемое экспертно, и зависит от важности (значимости) показателя, длительности его воздействия и т.д. Формулы являются взаимно приводимыми: например, если принять $K_j = 1$, то комплексный показатель будет равен сумме баллов исходных показателей.

В некоторых случаях можно использовать мультипликативную модель получения комплексного показателя, например:

$$X_i = \prod_{j=1}^p V_{ij}^{K_j},$$

которая легко сводится к аддитивной путем логарифмирования исходных переменных.

Алгоритм «оценка»

Алгоритм не накладывает никаких ограничений на вид пространственного распределения показателей и учитывает взаимосвязь с понятием «экологическое состояние». Состояние – положение объекта в выбранной системе координат. Объектами в данном случае выступают отдельные участки террито-

рии, а система координат соответствует выбранным показателям (Костина, 2004, 2005).

За точку отсчета принимается некое «нормальное состояние». Однако следует отметить, что любой участок изучаемой территории, как правило, не является эталонным, определение условно-эталонного участка является субъективным, т.е. зависит от целей исследования, профессиональных подходов и т.д. Для специалистов разного профиля (экспертов) условно-эталонными могут оказаться совершенно разные участки, расположенные на изучаемой территории. Поэтому за точку отсчета принимается некий минимальный уровень (**Y_{min}**) – наилучшее состояние (теоретически оптимальное), вычисляемое в пространстве выбранных показателей. Таким образом, «эталон» – многомерная точка, для которой по анализируемому набору исходных показателей имеют место наилучшие 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 «эталона».

Очевидно, что участок в состоянии коллапса или состоянии экологического бедствия не всегда объективно определен. За «критическую» точку в этом случае принимается некий максимальный уровень (**Y_{max}**). Для определения **Y_{min}** каждый показатель оценивается либо как «ухудшающий» экологическое состояние и должен быть в минимуме, либо как «улучшающий» и должен быть в максимуме. Очевидно, что **Y_{min}** и **Y_{max}** имеют «полярные» значения.

Каждый показатель оценивается либо как «ухудшающий», либо как «улучшающий». Принадлежность показателя к «ухудшающему» или «улучшающему» классу является неоднозначной и полностью возложена на эксперта-пользователя (рис. 19). После автоматического нормирования значений показателей на единичный отрезок реализуется процедура вычисления «расстояний» каждого *i*-го участка до **Y_{min}** и **Y_{max}** по евклидовой метрике:

$$R_i^{Y_{\min}} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_j - Y_{\min_j})^2} \quad \text{и} \quad R_i^{Y_{\max}} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_j - Y_{\max_j})^2},$$

а также расстояние от Y_{\min} до Y_{\max} . Вычислив эти величины, осуществляется проецирование координат каждого участка на отрезок $[Y_{\min}, Y_{\max}]$.

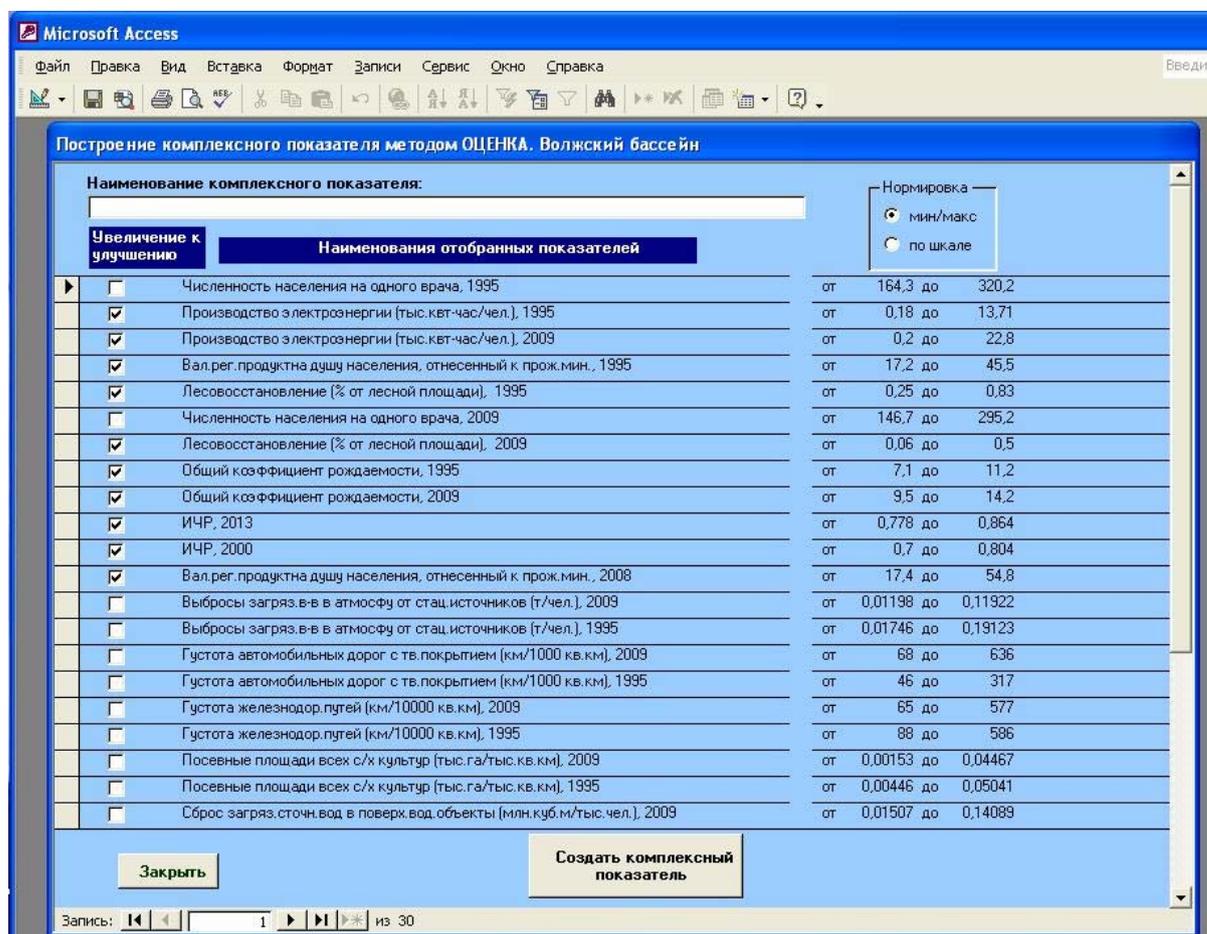


Рис. 19. Построение комплексного показателя на множестве отобранных показателей по алгоритму «оценка»

Результатом работы алгоритма является количественная оценка состояния участков, характеризующем изучаемую территорию (от теоретического оптимального до нежелательного).

Алгоритм по обобщенной функции желательности

Функции желательности (Адлер и др., 1976; Воробейчик и др., 1994) представляют собой способ перевода натуральных значений с любыми едини-

цами измерения в единую безразмерную числовую шкалу, определенную на интервале от 0 до 1. Обобщенная функция желательности (**D**) представляет собой среднее геометрическое из частных функций желательности (**d_i**), причем если хотя бы одна из них равна нулю, то **D** = 0. Чтобы избежать «зануления», предложены следующие формулы (Гелашвили и др., 2006):

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

если увеличение показателя **x_i** является «желательным»,

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

если увеличение показателя **x_i** является «нежелательным».

Используя рекомендованные градации (табл. 3) по функции желательности Харрингтона (Ворбейчик и др., 1994), выделяются зоны, соответствующие «хорошему», «удовлетворительному», «плохому» и «очень плохому» экологическому состоянию.

Таблица 3.

Градации по значению функции желательности

Экологическое состояние	Значения обобщенной функции желательности
Очень хорошее	1,0—0,80
Хорошее	0,80—0,63
Удовлетворительное	0,63—0,37
Плохое	0,37—0,20
Очень плохое	0,20—0,00

Комплексные показатели, полученные по любой из описанных трех процедур, подвергаются стандартному преобразованию в нормированную шкалу, сохраняются в базе данных и, наряду с другими индивидуальными по-

казателями, могут быть использованы в дальнейшей обработке методами статистического моделирования или отображены на картограмме.

2.4.5. Построение моделей

Учет абсолютно всех сложных причинно-следственных взаимодействий внутри системы «Человеческое общество – Природа» в полном объеме вряд ли осуществим. Поэтому любой проводимый анализ основан на принятии некоторых допущений, упрощений и обобщений. Очевидно, что чем более «идеализированными» (упрощенными) понятиями приходится оперировать, тем более общие свойства изучаемого объекта можно проанализировать.

Приходится учитывать и то обстоятельство, что достоверные прогнозы сложных систем возможны только на ограниченных и временных отрезках и пространственных областях. На эволюционные процессы социо-эколого-экономических систем накладываются социальные катаклизмы, экономические кризисы, и как следствие, смена технологий и парадигм управления. Свою роль играют и природные катастрофы.

Короткие ряды наблюдений и далеко не всегда экспериментальный характер данных очень затрудняют процесс регистрации показателей и нередко ставят под сомнение научную значимость результатов их измерений. В силу колоссальной пространственно-временной изменчивости биосферных объектов, нет никакой уверенности в том, что имеющиеся выборки отражают реальные процессы.

Важной задачей в построении прогнозов изменения состояния экосистем, их биотических компонентов является анализ причинно-следственных связей между индивидуальными и комплексными показателями как самих экосистем, так и показателями окружающей среды в рамках отдельного региона. Построение прогнозов по имеющемуся временному тренду достаточно понятная и хорошо изученная процедура. В случае пространственно распределенной информации каждый участок характеризуется набором соответст-

вующих показателей, изменяющихся, в том числе, и во времени, и отражает некое экологическое состояние. Основываясь на законе экологической корреляции (в экосистеме все входящие в нее компоненты функционально соответствуют друг другу и являются взаимосвязанными), различные участки в конкретный момент времени представляют спектр экологического состояния, который позволяет строить зависимости прогнозируемой величины от набора показателей-факторов.

Задача прогнозирования – одна из важных частей в моделировании изменения экологической обстановки. Экологические модели условно можно разделить на три типа (Розенберг, 1999): 1) аналитические («концептуальные», «стратегические», «феноменологические»), которые претендуют на выполнение объяснительных функций; 2) эмпирико-статистические и самоорганизующиеся регрессионные модели, как правило, не объясняющие внутренние структурные взаимосвязи; 3) имитационные модели. Упрощенная модель второго типа для целей прогнозирования, как правило, учитывает общие тенденции изменения значений выбранных показателей при уменьшении или увеличении значений других. Сама экосистема при этом рассматривается как «черный ящик», где моделируется не внутреннее функционирование системы, а внешние проявления. Графики зависимостей часто имеют вид стохастических флуктуаций, приближающихся к «белому шуму».

В связи с этим на передний план выходит задача определений основных тенденций, которые могут быть выявлены с помощью множественной регрессии. Одной из основных процедур, реализованных в системе REGION, является построение уравнений множественной регрессии (рис. 20) по методу И.Я. Лиёпы (Лиёпа, 1971), где предусмотрено исключение несущественных (статистически незначимых) показателей.

Поскольку для описания сложноорганизованных систем необходим учет нелинейности связей, пространство исходных аргументов искусственно расширяется за счет включения псевдопеременных, полученных в результате не-

линейного преобразования базисных показателей. Кроме натуральных степеней исходных переменных и различных их алгебраических комбинаций, можно использовать и другие функции от них: $\ln X$, \sqrt{X} , $1/X$, $e^{\alpha X}$, тригонометрические преобразования и т.д.

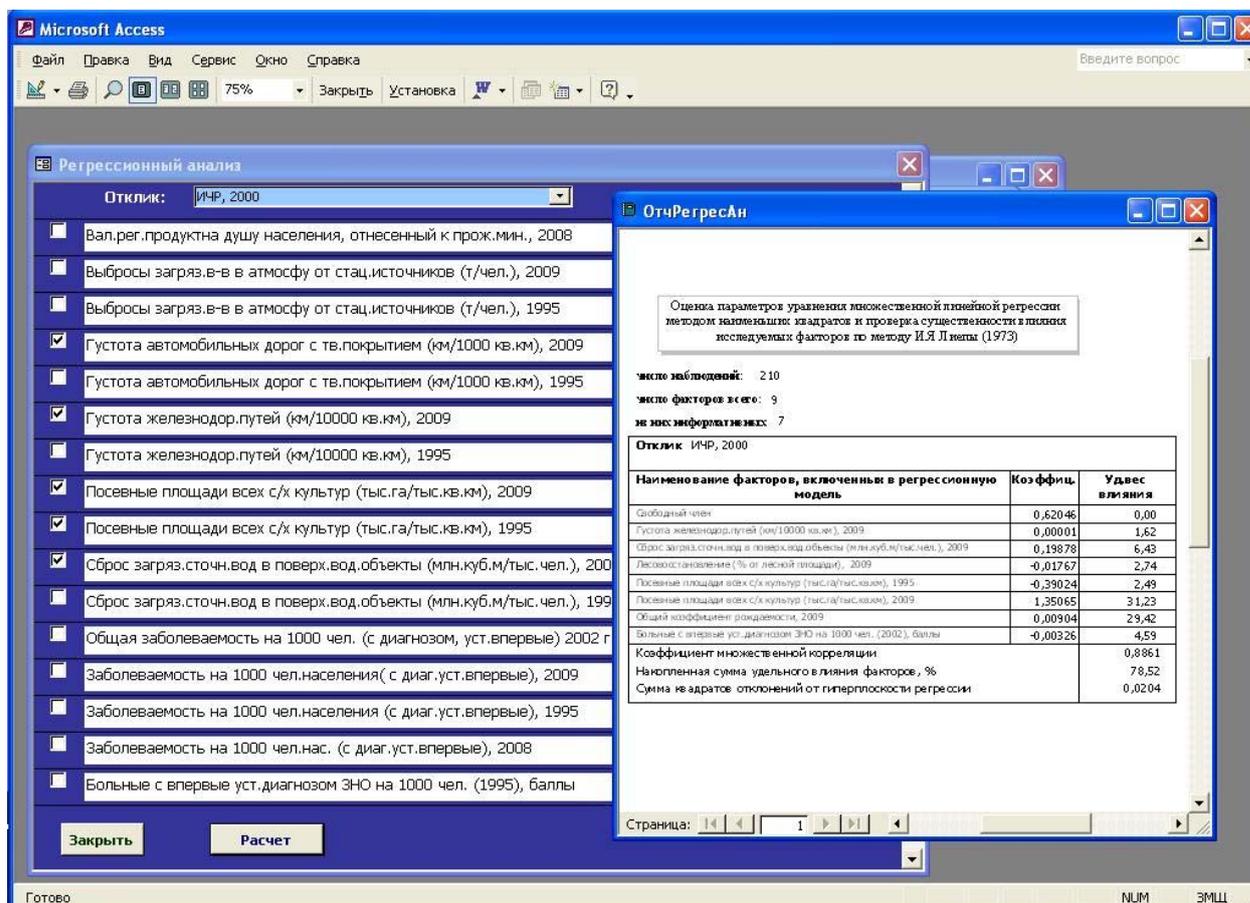


Рис. 20. Результаты множественной регрессии

В заключении отметим, что ЭИС REGION, включающая необходимые алгоритмы обработки, позволяет осуществлять интегральную оценку развития территории (Костина, 2005, 2015). На основе комплексного подхода имеется возможность проанализировать пространственно распределенную информацию и в зависимости от поставленных задач синтезировать интегральные показатели, на основе которых провести районирование рассматриваемой территории, оценить ее экологическое состояние и выделить «благоприятные» и

«кризисные» зоны. Система REGION позволяет выявить зависимости показателей между собой, определить достоверные доли влияния показателей на выбранный в качестве «индикатора отклика» интересующий показатель, построить прогноз изменения его уровня при «управляющих» воздействиях.

Таким образом, ЭИС REGION – многофункциональный инструмент для социо-эколого-экономического анализа. Система обладает гибким подходом и открытостью для добавления информации.

2.5. Обзор результатов исследований на примере территорий Волжского бассейна и Самарской области

Проведение районирования с применением ЭИС REGION базируется на получении интегральной оценки состояния изучаемых территорий по комплексу эколого-экономических, медико-географических, социально-экономических и других показателей. Такой подход позволяет проанализировать различия и выявить как «благополучные» зоны, так и «нестабильные».

Экологическая оценка напрямую связана с качеством окружающей среды и отражает состояние среды обитания, в том числе уровень антропогенного воздействия. В связи с этим актуальным остается вопрос о значении допустимых нагрузок и величин, характеризующих степень ненарушенности и естественности природных экосистем (Горшков, 1988; Данилов-Данильян, Лосев, 2000 и др.).

2.5.1. Районирование Самарской и Нижегородской областей в пространстве эколого-экономических и медико-демографических параметров

Использование интегральной оценки допустимого антропогенного воздействия к районированию Самарской и Нижегородской областей позволило выявить территории с относительно удовлетворительной, напряженной кри-

тической и кризисной ситуацией (Пыршева, 2005; Костина и др., 2010, 2011, 2012).

Основой экологической оценки послужили данные по 27 административным районам Самарской и 47 административным районам Нижегородской областей за 2007 год. Система базовых показателей – 6 эколого-экономических и 6 медико-демографических (табл. 4) – была сформирована в соответствии с существующими представлениями об основных компонентах антропогенной нагрузки, а используемые показатели отражают ситуацию в каждом муниципальном районе Самарской и Нижегородской областей.

Таблица 4.
Структура эколого-экономических и медико-демографических показателей

	Наименование, единица измерения	Условные обозначения
1.	Количество автотранспортных средств, абс. ед.	I₁
2.	Эмиссия CO ₂ , тыс. т/год	I₂
3.	Уровень фактической лесистости, %	λ_{факт}
4.	Уровень оптимальной лесистости, %	λ_{опт}
5.	Отношение фактической лесистости к оптимальной	α
6.	Младенческая смертность на 1000 человек населения	I₃
7.	Показатели смертности от злокачественных новообразований (ЗНО) на 100 тыс. человек населения	I₄
8.	Плотность населения, чел/км ²	I₅
9.	Рождаемость на 1000 человек населения	I₆
10.	Общая смертность на 1000 человек населения	I₇
11.	Численность населения, тыс. чел.	I₈
12.	Площадь района, тыс. км ²	S

Одним из способов анализа уровня антропогенной нагрузки является использование соотношения нарушенных и ненарушенных хозяйственной деятельностью территорий (Гелашвили и др., 200, 2003). При этом в качестве основного показателя рассматриваются покрытые лесом площади. Поэтому

для оценки антропогенной нагрузки использовались данные по фактической, минимально необходимой и оптимальной лесистости административных районов Нижегородской области, представленные в работах В. Сидоренко (Сидоренко, 2001) и В. Басурова (Басуров, 2002). Значения оптимальной и минимально необходимой лесистости для административных районов Самарской области определяли с помощью шкалы групп лесистости, рассчитанной В. Сидоренко (Сидоренко, 2001) для природных подзон (табл. 5).

Определение антропогенной нагрузки на территорию проводилось с помощью эмпирического коэффициента ненарушенности территории $\alpha = \lambda_{\text{факт}} / \lambda_{\text{опт}}$ (отношение фактического процента лесистости территории к оптимальной). Этот коэффициент отражает соотношение ненарушенных и нарушенных хозяйственной деятельностью территорий. Обратное значение (α^{-1}) можно считать коэффициентом нарушения (Басуров, 2002).

Таблица 5.

Минимально необходимая и оптимальная лесистость

Подзона	Лесистость, %	
	минимально необходимая	оптимальная
Степная	2–4 (очень сухие)	8–10
	4–6 (сухие)	11–12
	6–8 (для Среднего Поволжья)	13–15
Лесостепная	8	15–20
Смешанные и широколиственные леса	8	21–35
Южнотаежные леса	8	36–40

Включение в систему показателей эмиссии CO₂ проводилось для определения уровня антропогенного воздействия на основе учета энергопотребления, а также с целью инвентаризации техногенных выбросов парниковых газов с территории административных районов Нижегородской и Самарской областей. В расчетах по выбросам CO₂ использовался метод В. Басурова (Ба-

суров, 2002) согласно «Методическим указаниям по расчету годового валового выброса двуокиси углерода в атмосферу от котлов тепловых электростанций и котельных», подготовленных РАО ЕЭС России.

Вычисление индексов антропогенной нагрузки для административных районов Самарской и Нижегородской областей производилось по формуле:

$$I_{\text{ан}} = \alpha^{-1} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i,$$

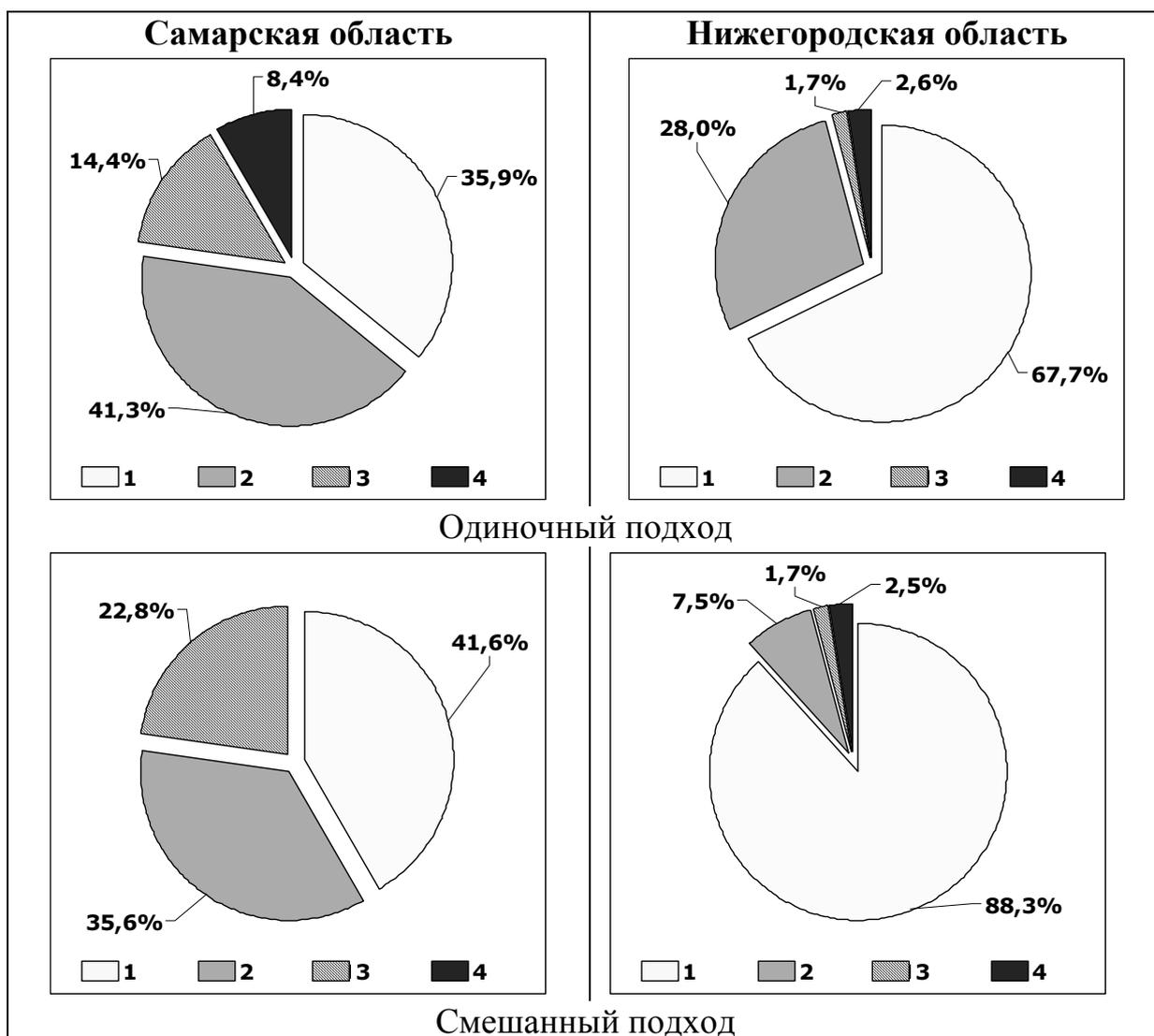
где α^{-1} – коэффициент нарушенности территории; I_i – базовые и производные эколого-экономические показатели.

Предварительно для каждого индекса абсолютные значения переводили в относительные путем нормирования на среднее значение индекса по области (или по двум областям). В полученном интервале было выделено четыре класса значений $I_{\text{ан}}$, характеризующие напряженность экологической ситуации территории (табл. 6).

Таблица 6.
Классы напряженности экологической ситуации

Характеристика экологической ситуации	Диапазон $I_{\text{ан}}$ по областям		
	Самарская	Нижегородская	две области
Относительно удовлетворительная	до 1,2	до 1,0	до 1,5
Напряженная	1,2-2,4	1,0-3,4	1,5-2,5
Критическая	2,4-3,3	3,4-5,0	2,5-4,5
Кризисная	более 3,3	более 5,0	более 4,5

Проведенный анализ включал два подхода. При «одионочном подходе» области и входящие в них муниципальные районы рассматривались отдельно. «Смешанный подход» позволил рассмотреть все 74 муниципальных районов Самарской и Нижегородской областей как единую систему. Структура полученных кластеров (соотношение экологически благополучных и неблагополучных районов) представлена на рис. 21.

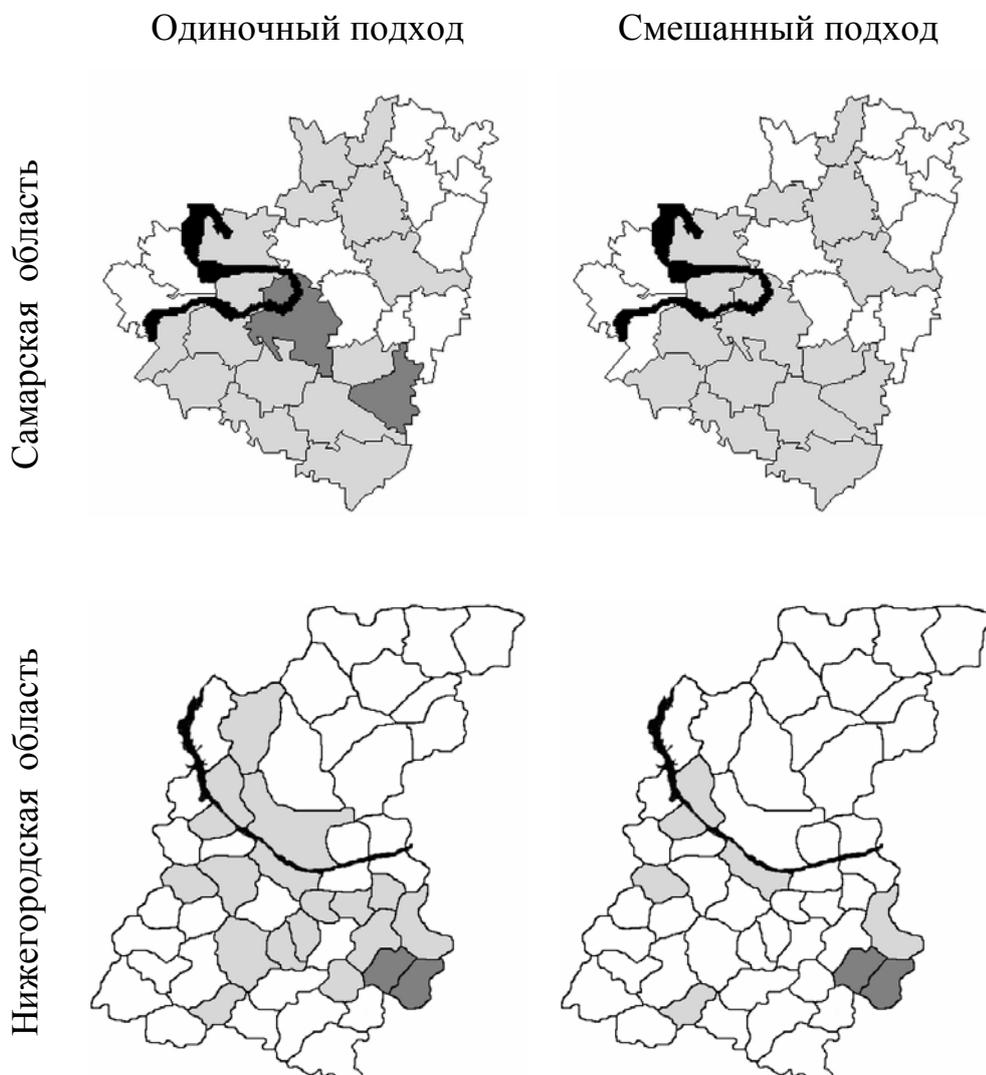


классы напряженности экологической ситуации (табл. 6):
 1 — относительно удовлетворительная; 2 — напряженная;
 3 — критическая; 4 — кризисная

Рис. 21. Соотношение районов с различными классами напряженности экологической ситуации в общей структуре территорий Самарской и Нижегородской областей

Экологическая ситуация на территории Самарской области является более сложной, чем в Нижегородской, так как большинство её районов относятся к экологически неблагополучным в связи с их более высокой промышленной и сельскохозяйственной освоенностью и недостаточной лесистостью. Районирование с использованием «смешанного подхода» в сравнении с «оди-

ночным» показало увеличение количества районов с критической экологической ситуацией в Самарской области. В Нижегородской области количество районов с критической и кризисной экологической ситуацией осталось неизменным (рис. 22).



Экологическая обстановка: белый цвет – относительно удовлетворительная, светло-серый цвет – напряженная, темно-серый цвет – критическая

Рис. 22. Районирование Самарской и Нижегородской областей

Таким образом, межрегиональный комплексный подход к районированию антропогенно нагруженных территорий позволяет уже не в масштабе одной области, а для территории, например, бассейна реки оптимизировать при-

нятие мер, направленных на уменьшение давления промышленной и сельскохозяйственной нагрузки.

2.5.2. Прогноз первичной биопродуктивности территории Волжского бассейна в условиях изменения климата

Первичная биологическая продуктивность представляет собой фундаментальное свойство биосферы, обеспечивает ее энергетические ресурсы и является важнейшим параметром функционирования экосистем. Роль отдельных факторов в распространении растительных сообществ неоднозначна. Наиболее тесно связан с продуктивностью экосистем климат, который является определяющим в распространении ареалов тех или иных растительных сообществ (Базилевич, 1993). Изучение тенденций снижения или увеличения первичной биологической продуктивности при изменении климата является актуальной задачей. Антропогенный прессинг также вносит свой «вклад» в функционирование экосистем, поэтому особенно важным является определение его уровня влияния на биопродуктивность.

Объектом проведенного исследования с использованием ЭИС REGION послужила обширная верхняя часть Волжского бассейна, где представлены средние и южные таежные леса, смешанные и широколиственные леса средней полосы, лесостепь и северная степь. Осуществлен прогноз состояния первичной биопродуктивности в условиях изменения климата по сценарию «глобального потепления» с учетом антропогенного загрязнения (Розенберг и др., 2008, 2009).

Исходным материалом для построения модели изменения первичной биологической продуктивности, в зависимости от прогнозируемых изменений климата, послужили карты масштаба 1: 6 000 000, представленные в атлас-монографии Э.Г. Коломыца (Коломыц, 2005). В рассмотрение было включено 144 участка (рис. 23), а исходная информация была адаптирована под соответствующий масштаб и проекцию ЭИС REGION. Пространственная привязка

проводилась по координатной сетке и корректировалась по гидрографической сети (Кузнецова, 2008, 2014; Кузнецова и др., 2006, 2010). В базу данных REGION были введены гидроклиматические параметры: средние температуры января и июля, годовая суммарная радиация и суммы осадков холодного и теплого периодов. Для прогнозных расчетов в качестве базового периода принят столетний интервал времени 1881-1990 гг., по которому получены усредненные данные многолетних климатических наблюдений.

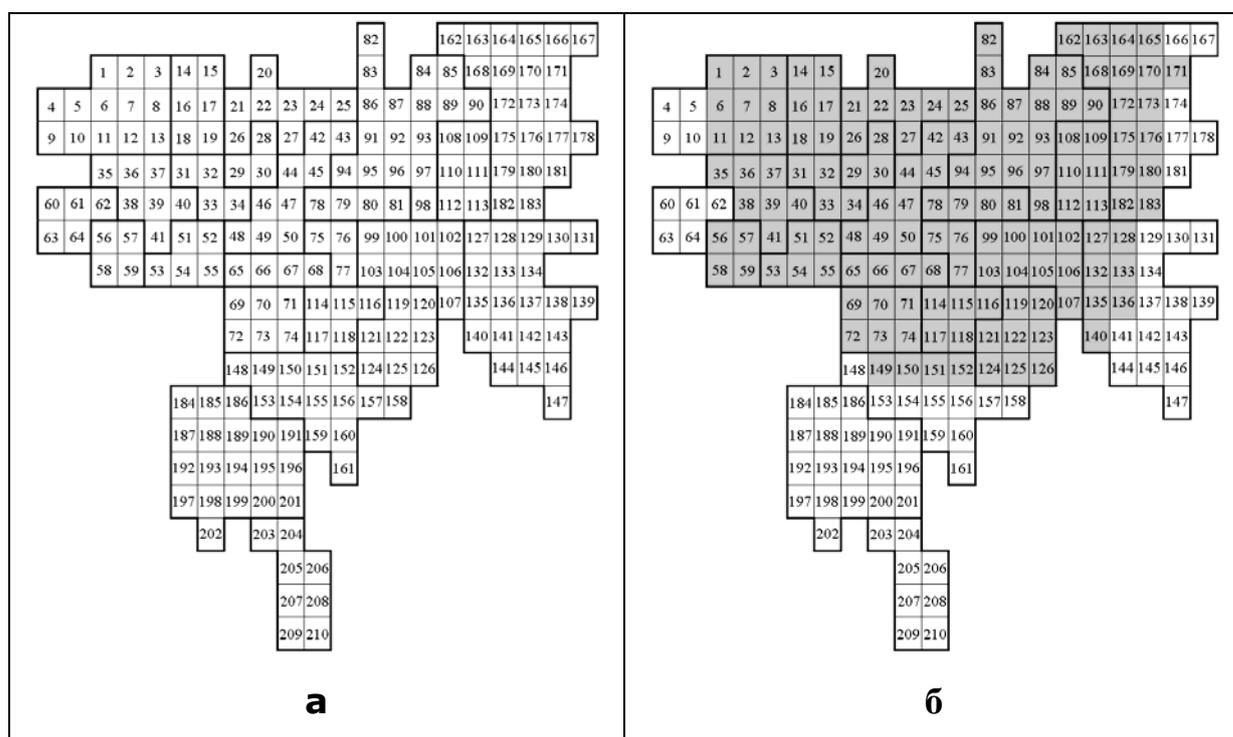


Рис. 23. Схема расположения участков ЭИС REGION (а) и исследуемые участки (б)

Для последующего сравнительного анализа введены полученные Э.Г. Коломыйцем (Коломыц, 2003, 2005) результаты прогноза показателей первичной биологической продуктивности на 2010, 2030 и 2050 гг.

В качестве характеристики антропогенной составляющей были использованы имеющиеся в базе данных ЭИС REGION данные: валовый региональный продукт и суммарные выбросы в атмосферу загрязняющих веществ. Осуществлена базовая оценка показателей с использованием равномерной

шкалы с заданным диапазоном (рис. 24) и получен набор соответствующих картограмм. Для отображения показателя первичной биопродуктивности выбрано четыре градации (рис. 25 и 26).

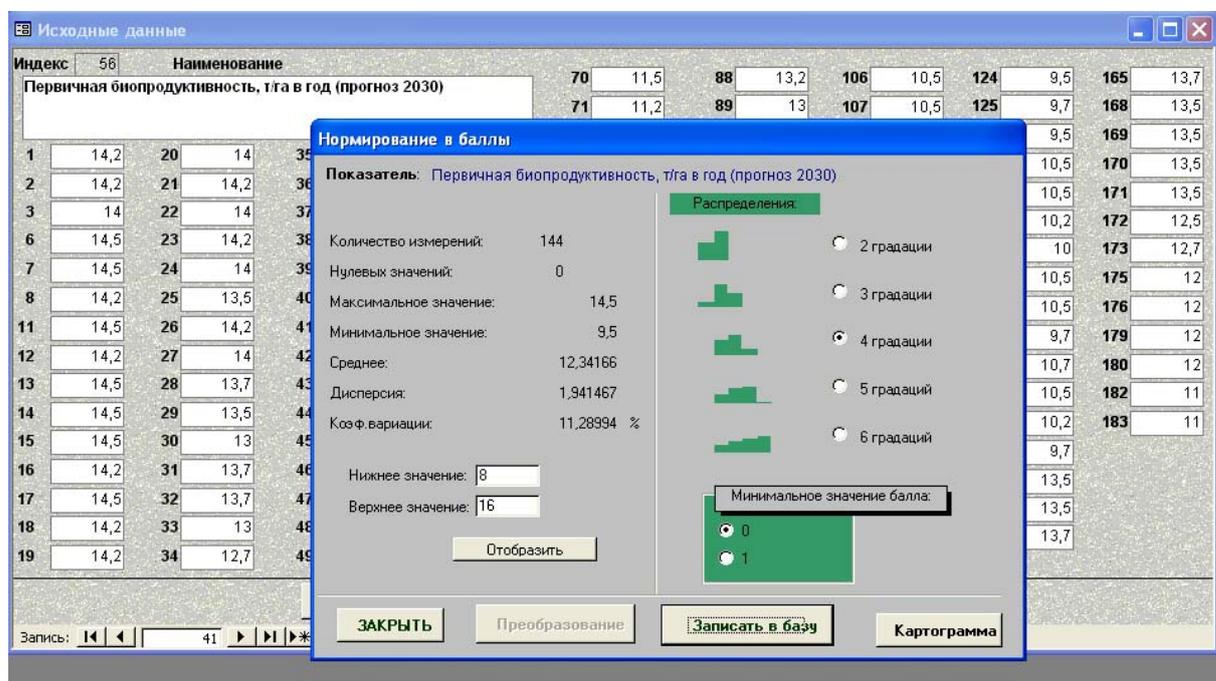


Рис. 24. Окно диалога нормирования в баллы с использованием равномерной шкалы

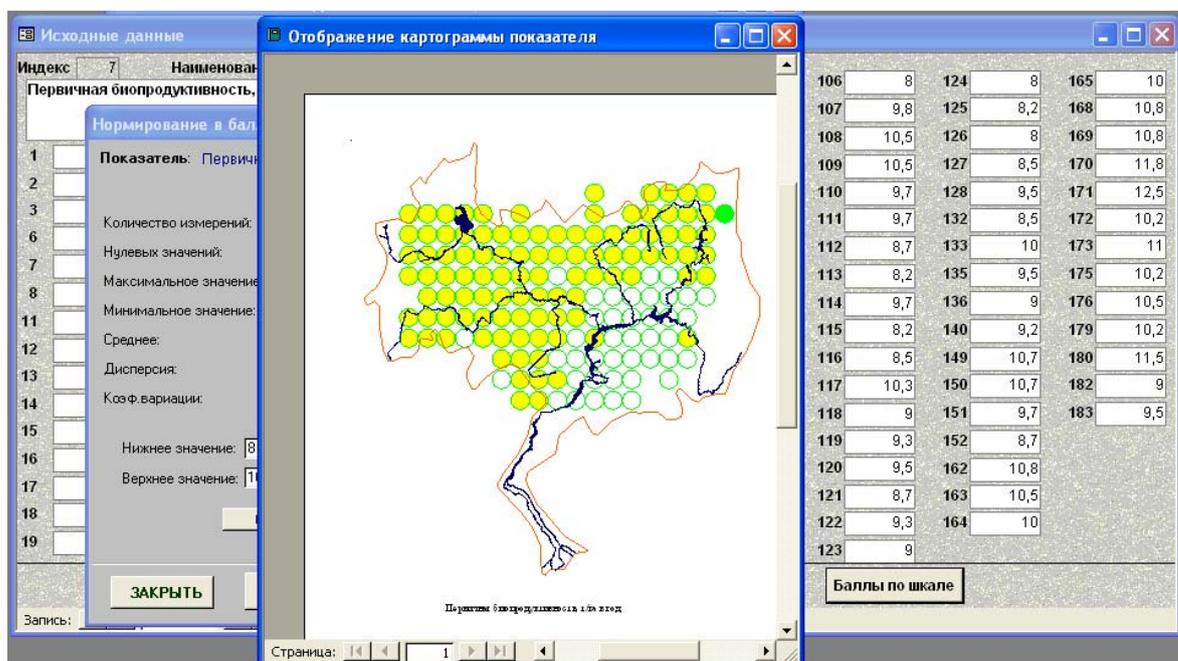


Рис. 25. Отображение картограммы показателя (на примере первичной биопродуктивности)

Используя пространственно распределенную гидроклиматическую информацию базового периода, а также указанные выше параметры антропогенного воздействия на территорию Волжского бассейна была построена модель (табл. 7).

Таблица 7.

Модель изменения первичной биопродуктивности от статистически значимых показателей окружающей среды

Наименование показателей	Коэф. регрессии	Уд. вес влияния
Свободный член	-2,18	
Температура января, °С	0,113	5,30
Температура июля, °С	0,249	11,33
Сумма осадков за холодный период, мм	0,015	19,71
Сумма осадков за теплый период, мм	0,014	35,91
Годовая суммарная радиация, МДж/м ²	0,0001	1,15
Валовой региональный продукт в 2000 г., млн. руб./чел.	-0,014	1,78
Суммарные выбросы в атмосферу загрязняющих веществ (среднее за 1995-2000 гг.), баллы	-0,046	1,47

Результаты подтверждают тот факт, что наибольший вклад (35,9%) в уровень биопродуктивности растительных формаций вносит сумма осадков за теплый период. Высока также доля влияния (19,7%) осадков за холодный период, так как от их количества зависит степень продукционной влаги в метровом слое почвы весной, когда начинается период активной вегетации. Важным фактором для первичной биопродуктивности является средняя температура июля (11,3%).

В качестве параметров антропогенного воздействия в модель были включены суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и валовой региональный продукт, отражающий уровень развития промышленности и

сельского хозяйства. Эти показатели, хотя и имеют отрицательное значение, однако их доля влияния невысока.

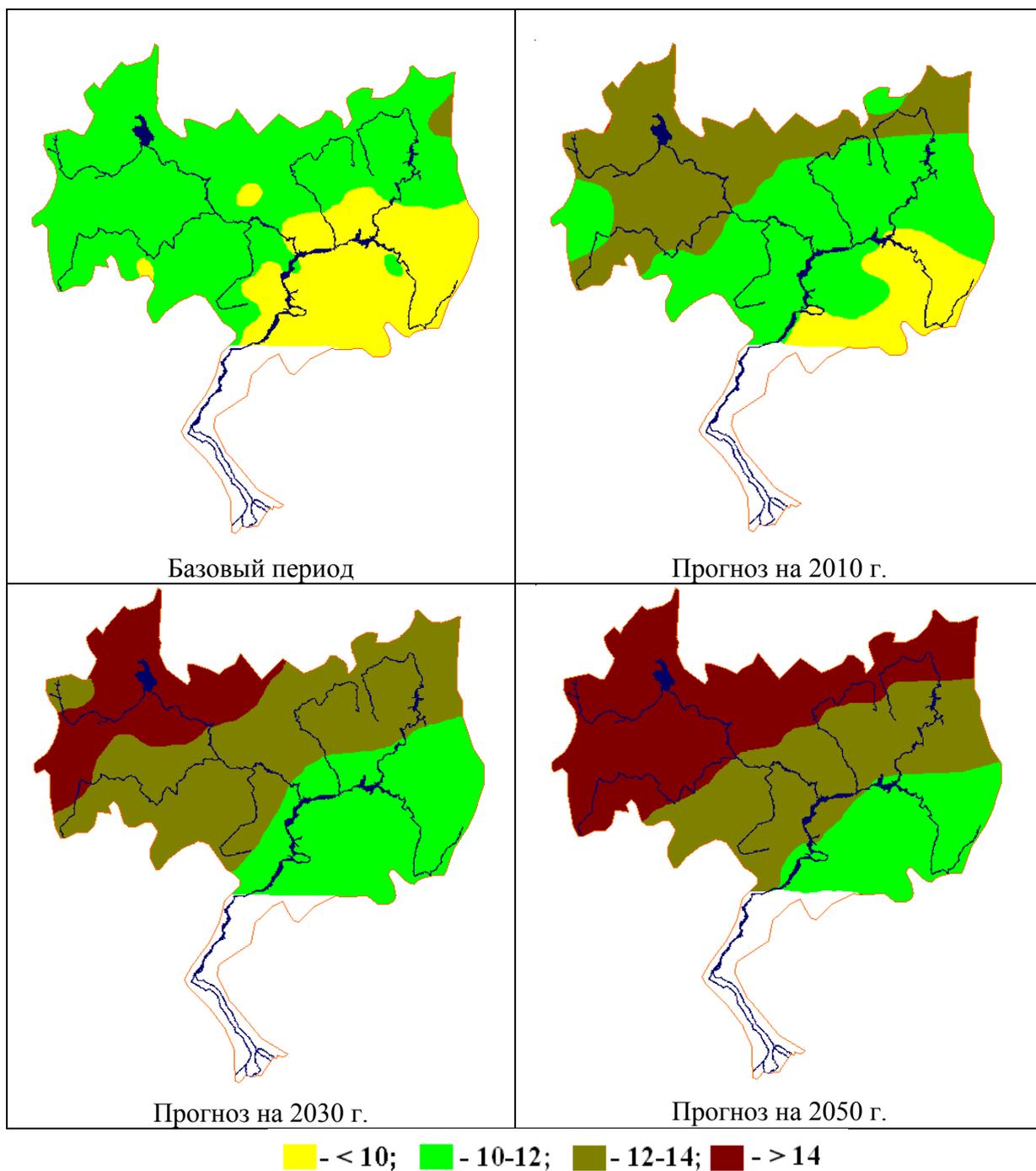


Рис. 26. Первичная биологическая продуктивность экосистем Волжского бассейна, т/га в год

Полученное уравнение позволило дать краткосрочный прогноз изменения показателей первичной биопродуктивности в условиях меняющегося

климата (рис. 26). При увеличении относительно базового периода средней температуры июля на 1°C и среднегодовых осадков на 60 мм, средние значения продуктивности по всей территории Волжского бассейна увеличатся на 1,2 т/га год. В 2030 г. при увеличении средних значений температуры по бассейну на 2°C и осадков на 110 мм продуктивность увеличится на 2,4 т/га год. А в 2050 г. при увеличении средней температуры июля на $2,8^{\circ}\text{C}$ и среднегодовых осадков на 170 мм уровень средних значений биопродуктивности по сравнению с базовым периодом может увеличиться на 3,4 т/га год.

Результаты, полученные по оригинальной модели и модели Э.Г. Коломыца, демонстрируют одинаковую тенденцию к изменению показателя биопродуктивности в условиях потепления климата (рис. 27). Наибольший рост показателя наблюдается в зоне таежных лесов, постепенно уменьшается в зоне смешанных и широколиственных лесов. В меньшей степени продуктивность увеличивается в зонах лесостепи и степи. Эта тенденция связана с увеличением температуры при одновременном уменьшении увлажнения климата.

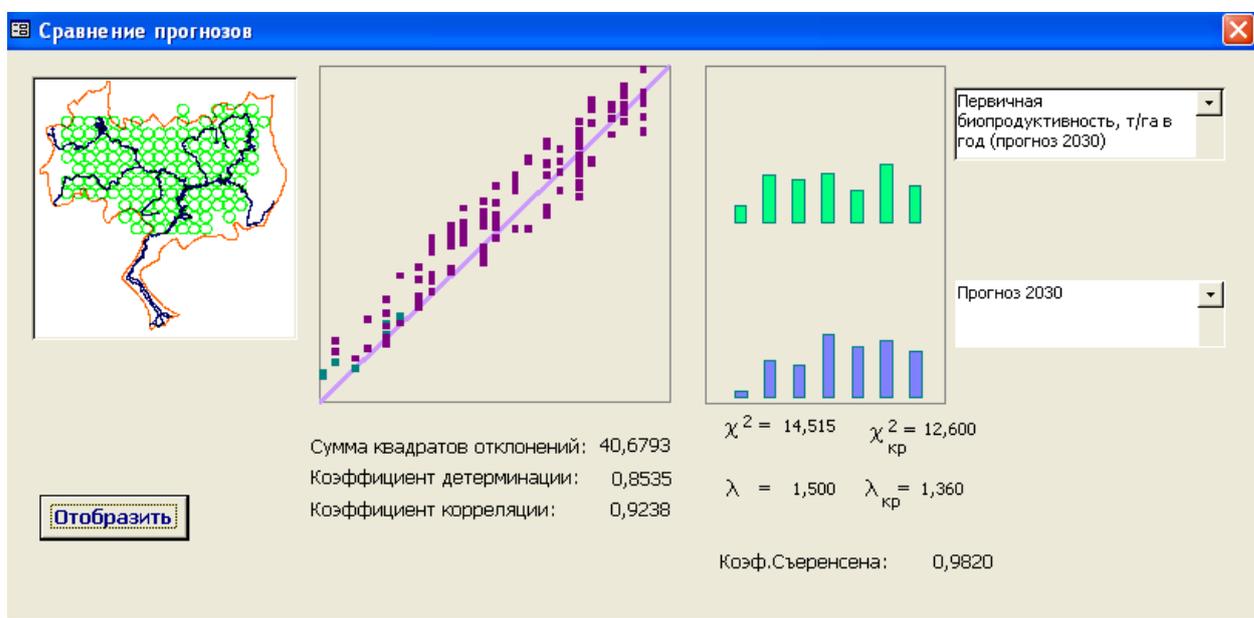


Рис. 27. Сравнение прогнозов, полученных на 2030 г. по модели Э.Г. Коломыца и модели REGION

Отличительной чертой модели, построенной с использованием метода множественной регрессии в системе REGION, является отображение изменений показателя первичной биопродуктивности не только с учетом условий потепления климата, но и с учетом влияния антропогенной составляющей.

В качестве параметров антропогенного воздействия в модель включены суммарные выбросы загрязняющих веществ (рис. 28), которые состоят из оксида углерода, оксида азота, диоксида серы и др. Другой рассмотренный фактор – валовый региональный продукт (рис. 29). Этот показатель характеризует уровень развития промышленности и сельского хозяйства в регионе, а, следовательно, косвенно отражает и степень антропогенной нагрузки. Доля этих двух показателей хоть и невысока, однако показано их отрицательное влияние на биопродуктивность. Для рассмотрения выбран прогнозный период 2030 года.

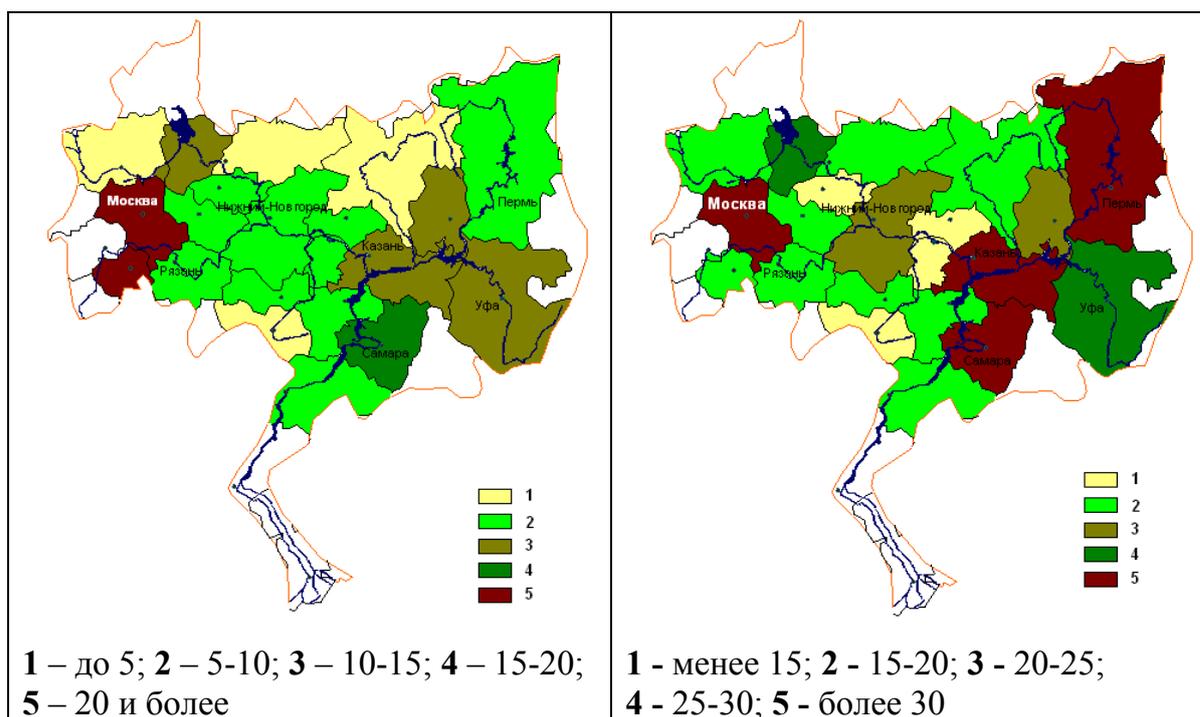


Рис. 28. Суммарные выбросы загрязняющих веществ (средние значения за 1995-2000 гг.) по административным единицам Волжского бассейна, т/км²

Рис. 29. Валовый региональный продукт (2000 г.) по административным единицам Волжского бассейна, млн. руб./чел.

По модели, где рассматривается сценарий с увеличением валового регионального продукта в 2 раза (по сравнению с 2000 г.), наблюдается некоторое снижение уровня биопродуктивности (рис. 30). Причем, в наиболее промышленно развитых регионах и наблюдается снижение уровня продуктивности экосистем. Так, в регионах с высоким уровнем валового продукта, таких как Московская, Самарская, Пермская области и республика Татарстан, биопродуктивность снижается в среднем на 0,5-0,6 т/га в год, в то время как в регионах с низким уровнем развития промышленности, например, Ивановской и Пензенской областях – на 0,1-0,2 т/га в год. А в среднем по всему Волжскому бассейну – на 0,3 т/га год.

Рассматривалось два варианта с увеличением уровня загрязняющих веществ (на 20 и 50%), превышающих средние показатели за период 1995-2000 гг. При рассмотрении сценария с увеличением суммарных выбросов в атмосферу на 20%, уровень биопродуктивности практически не меняется. По сценарию, где суммарные выбросы загрязняющих веществ увеличиваются на 50%, наблюдается снижение уровня биопродуктивности на 0,1 т/га в год по всей территории бассейна равномерно (рис. 31).

Меньший рост продуктивности в результате изменения климата ожидается в Самарской области и в Башкортостане. Обе территории находятся в зоне лесостепи и северной степи, где на этот период прогнозируется наименьший рост продуктивности. Учитывая антропогенную составляющую, больше всего пострадают экосистемы опять же Самарской области и Башкортостана. Повышение продуктивности здесь предполагается на 1,2 т/га в год и 1,0 т/га в год соответственно. Существенно уменьшится продуктивность за счет антропогенной составляющей в таких экономически развитых регионах, как Московская, Пермская области и республика Татарстан.

Сравнение полученной прогнозной модели на 2030 г. с базовым периодом показало увеличение продуктивности практически по всей территории лесной зоны.

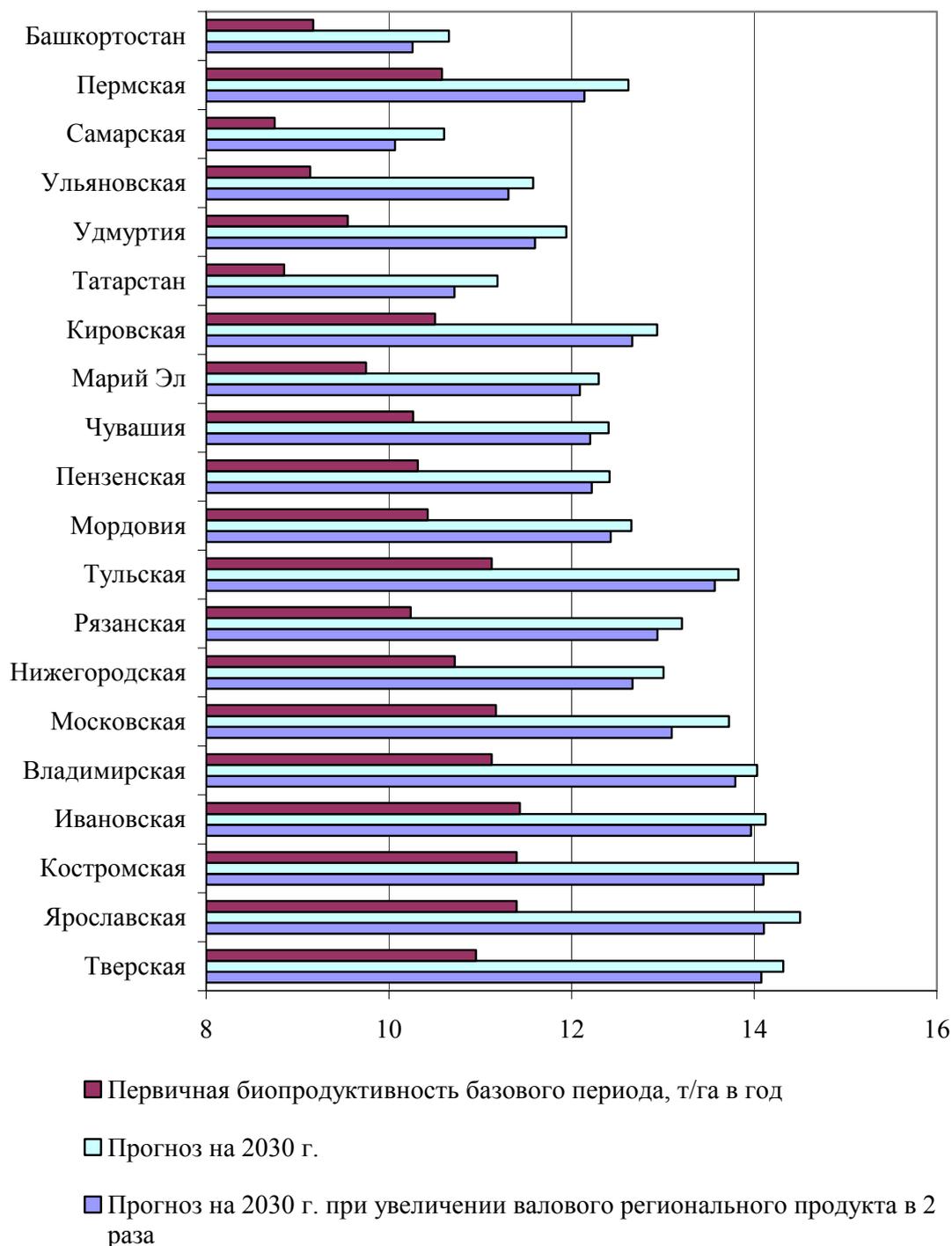


Рис. 30. Изменение первичной биологической продуктивности наземных экосистем Волжского бассейна к 2030 г. по административно-территориальным единицам, т/га в год

По прогнозу на этот период средние температуры июля повысятся на 1-2,5°C. С учетом увеличения валового регионального продукта в 2 раза в некоторых экономически развитых регионах (Московская, Самарская, Пермская

области, Республика Татарстан) биопродуктивность уменьшится на 0,5-0,6 т/га в год, в то время как в среднем по всему бассейну – на 0,3 т/га в год. Увеличение суммарных выбросов в атмосферу на 20% не приводит к изменению уровня биопродуктивности. Это подтверждает предположение, что растительные сообщества более или менее справляются с выбросами в атмосферу (Кузнецова, 2008, 2014).

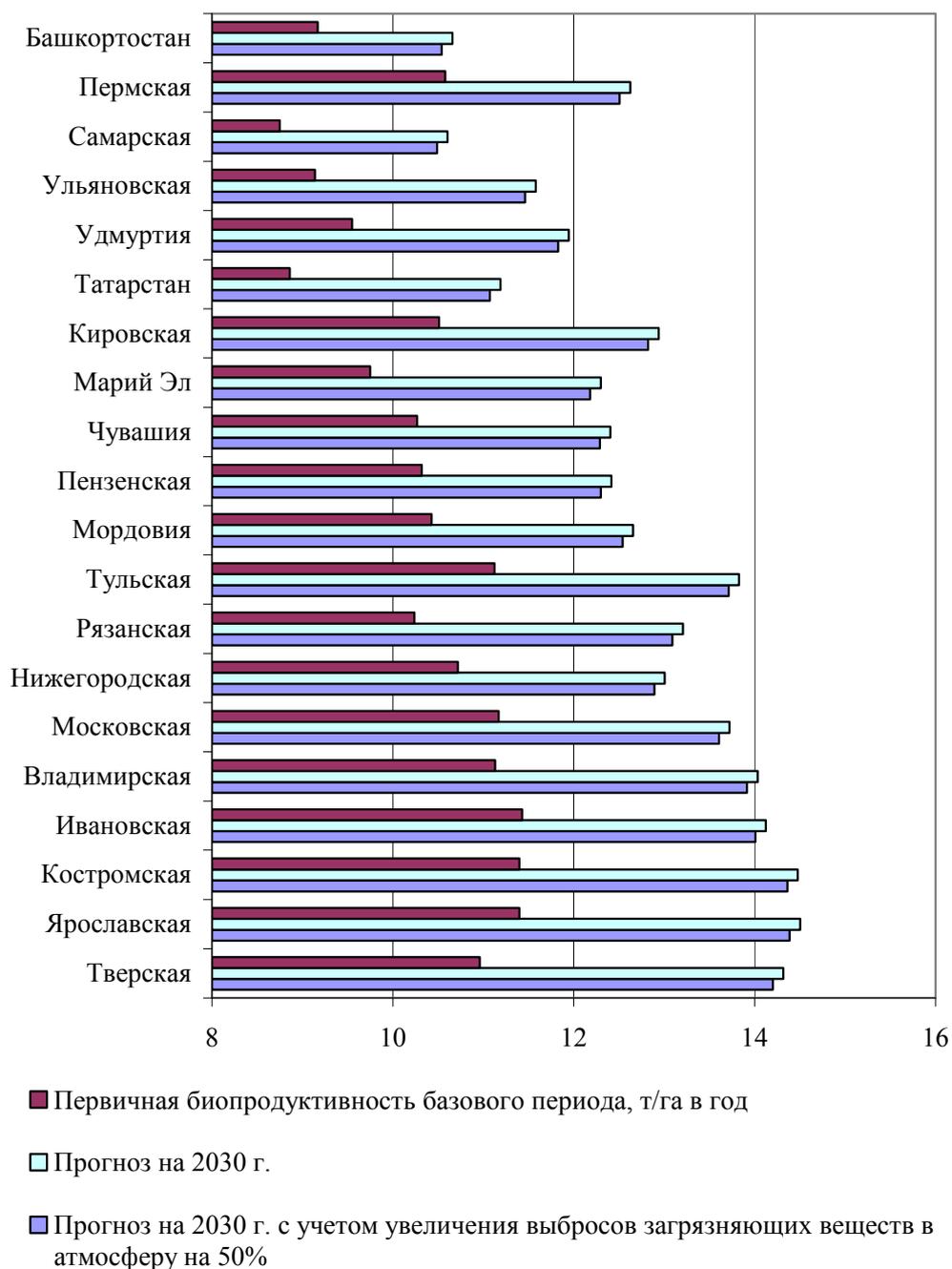


Рис. 31. Изменение уровня первичной биопродуктивности Волжского бассейна к 2030 г. по административно-территориальным единицам

Таким образом, по результатам прогнозной модели на 2030 год, построенной с учетом антропогенной составляющей, можно сделать следующий вывод. Выбросы в атмосферу не оказывают существенного влияния на снижение продуктивности наземных экосистем на региональном уровне. Уровень экономического развития региона оказывает хоть и достоверное, но незначительное влияние на снижение продуктивности наземных экосистем.

2.5.3. Заболеваемость населения как индикатор качества жизни

Здоровье населения является основой благополучия человеческой цивилизации, ее экономического и социального процветания. В связи с этим рассматривается влияние экологических факторов (загрязнение окружающей среды) на общую заболеваемость взрослого населения и формирования качества жизни. Имеется целый ряд таких исследований (Ермолаева, Каменек, 2004; Титов и др., 2013; Петров, Сенников, 2014 и многие другие). Состояние общественного и индивидуального здоровья имеет многофакторную природу, поэтому важной задачей является комплексная оценка воздействия социальных, экономических и экологических факторов (Молчанова, Кручек, 2013; Rozenberg et al., 2016).

Факторы, влияющие на состояние здоровья населения, характеризуются многими показателями, включающими характеристики социального благополучия: уровень материального благосостояния, жилищные условия, качество питания, уровень здравоохранения, образования, культуры и т.д. Также необходимо рассматривать и степень загрязнения окружающей среды.

Имеющиеся показатели по доступной официальной статистике не всегда полностью и напрямую отражают все виды воздействия на здоровье населения. Однако наблюдается их косвенное влияние. Однозначная корреляционная связь между имеющимися экологическими показателями и уровнем заболеваемости не всегда прослеживается. Необходимо учитывать не только век-

тор социально-экономической политики и уровень здравоохранения, но и вложения в охрану окружающей среды.

Значительная группа заболеваний непосредственно связана с экологическими параметрами. Это позволяет использовать их как индикатор качества окружающей среды. При этом связь между заболеваемостью и варьированием отдельных параметров среды требует особого методологического подхода и учета ряда факторов (Розенберг, Краснощеков, 1996; Розенберг, 2009): динамики демографических показателей с учетом миграционных процессов разных возрастных групп; влияния социальных особенностей как на территориях крупных регионов, так и локальных районов; влияния структуры промышленного комплекса региона; особенностей перераспределения загрязнений (путем переноса с продуктами питания, сырьем для строительных материалов, воздушными и водными переносами) и др.

Определение различий по состоянию здоровья населения между разными регионами и поиск достоверных зависимостей от экологических условий (природных и антропогенных), социально-экономических факторов базируется на интегральной оценке, получаемой на основе имеющейся пространственно распределенной информации. Такая оценка позволяет выявить наиболее *общие тенденции* (Лифиренко, Костина, 2008).

Заболеваемость злокачественными новообразованиями (ЗНО) и смертность от ЗНО

На примере территории Волжского бассейна и Самарской области с помощью ЭИС REGION определены доли влияния социальных, экономических и природных факторов на смертность населения от новообразований (Лифиренко, 2006; Розенберг, 2009; Розенберг и др., 2009). Отмечено, что для населения Волжского бассейна произошло увеличение заболеваемости злокачественными образованиями (рис. 32) и изменение уровня смертности от ЗНО (рис. 33).

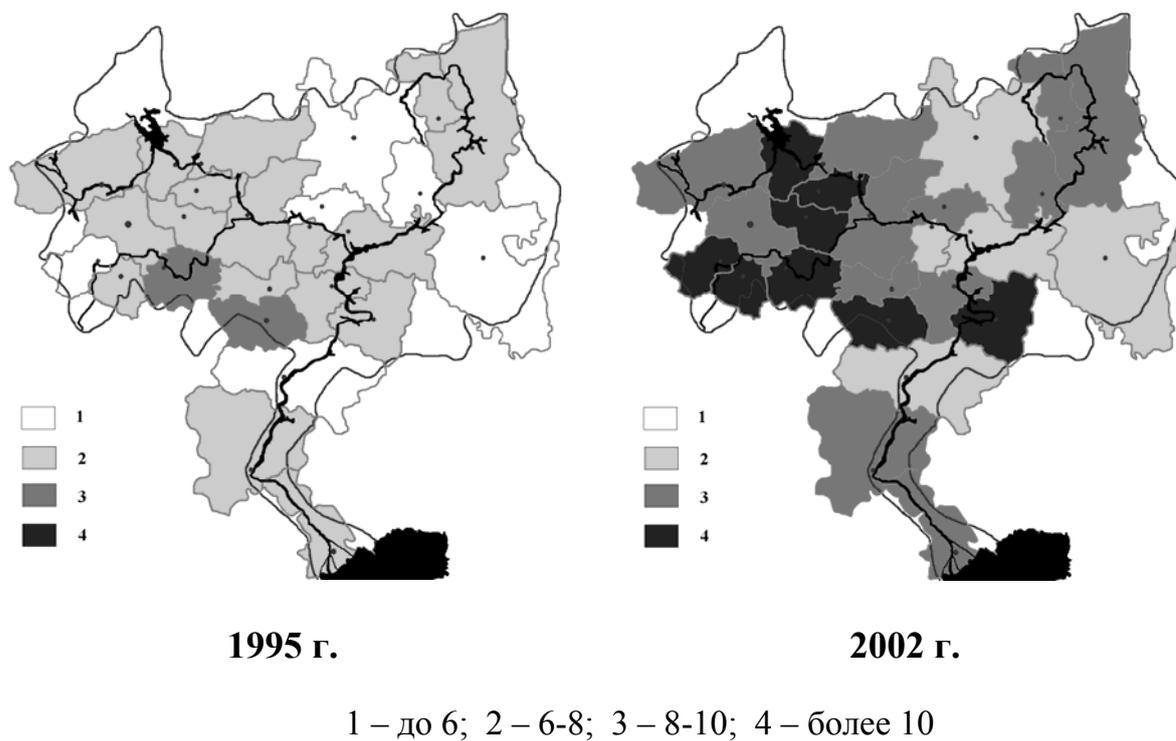


Рис. 32. Заболеваемость злокачественными новообразованиями на 1000 человек

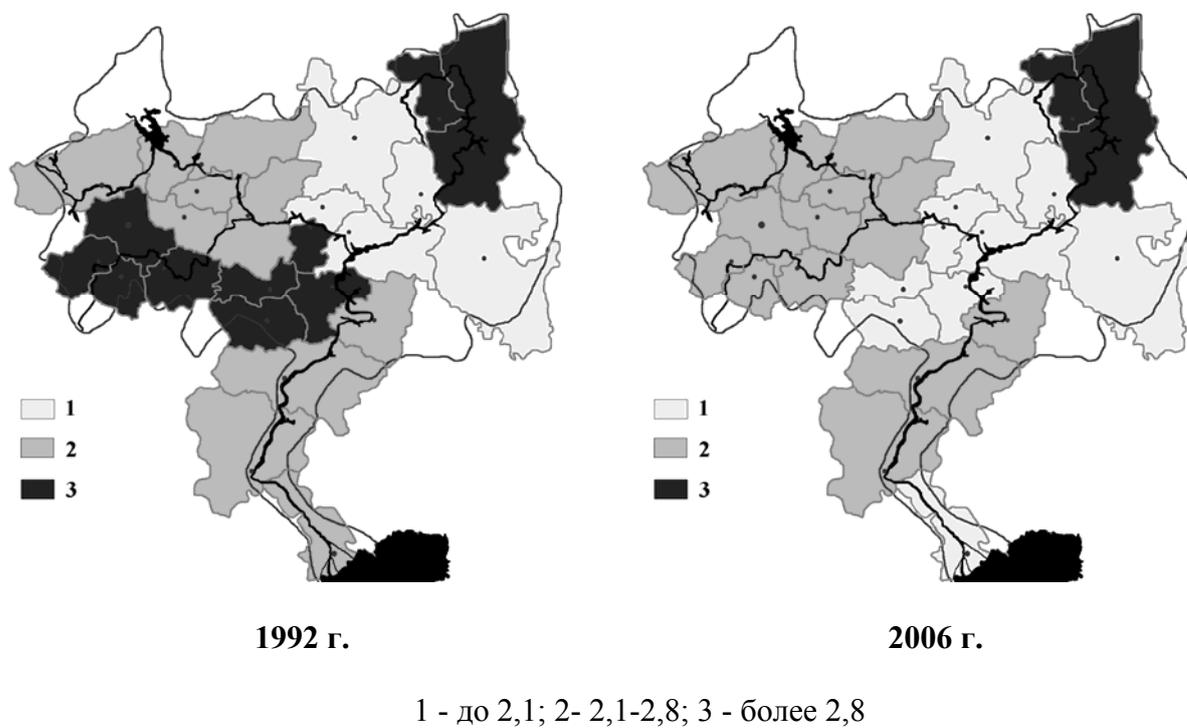


Рис. 33. Смертность от ЗНО на 1000 населения

Проведена статистическая обработка пространственно распределенной информации по административным единицам Волжского бассейна и построены уравнения линейной регрессии. Для определения зависимости смертности от ЗНО от природных, антропогенных и социально-экономических факторов было выбрано 14 показателей, существенными (достоверными) оказались только шесть (табл. 8).

Таблица 8.

Смертность от новообразований на 10 тыс. населения (2006 г.)

Факторы	Козф. регрессии	Удельный вес влияния, %
Свободный член	2,0663	
Площадь зеленых массивов и насаждений в городах на одного городского жителя, м ² (средние значения за 2004-2006 гг.)	-0,0014	6,81
Изменение лесистости*, %	0,0117	21,59
Необезвреженные отходы производства и потребления, т/чел. в год; средние значения за 2006-2007 гг.)	0,0580	10,29
Текущие затраты на охрану окружающей среды, тыс. руб./чел. (2006 г.)	-0,3978	13,49
Валовый региональный продукт, тыс. руб./чел. (2006 г.)	0,0095	14,53
Обеспеченность амбулаторно поликлиническими учреждениями на 10000 нас., посещений в смену (2006 г.)	-0,0044	9,02

Примечание: * - лесистость в 2002 г. в процентном отношении к уровню 1696 г.

Самую значимую роль в приведенной модели играют социально-экономические факторы, их совокупный вклад – 37%. Доля природных факто-

ров составила 28,7%. Однако если трактовать показатель «изменения лесистости» как преобразованность территории «благодаря человеку», т.е. как антропогенный показатель, тогда воздействие природной компоненты следует признать незначительным. Среди достоверных социально-экономических показателей, вошедших в модель, оказался «валовой региональный продукт», отражающий техногенную нагрузку. Однозначное антропогенное воздействие, представленное показателем «необезвреженные отходы производства и потребления», имеет удельный вес немногим более 10%.

Использование полученной модели в качестве *прогнозной* позволяет предположить, что возможное уменьшение необезвреженных отходов на 50% снизит уровень смертности от новообразований на 2%. К примеру, увеличение в 2 раза текущих затрат на охрану окружающей среды сократит число умерших от болезней этого класса на 13%.

На локальном уровне для определения вклада отдельных факторов, прямо или косвенно влияющих на смертность от новообразований, был рассмотрен пример Самарской области (табл. 9).

Таблица 9.
Смертность от ЗНО на 1000 человек населения (2004 г.)

Факторы	Удельный. вес влияния, %
Мощность медицинских учреждений, на 1000 человек	75,85
Лесистость, %	3,31
Загрязнение снежного покрова фенолом, доли ПДК	8,77
Загрязнение снежного покрова нефтепродуктами, доли ПДК	9,29

Регрессионная модель строилась на основе пространственно распределенной информации по 8 северным районам (Лифиренко, 2006). Выбор этих районов обуславливался наличием базы данных по снегомерным съемкам их

территорий, выполненных Центром по мониторингу загрязнения окружающей среды Приволжского УГМС в 2004 г.

Наиболее влиятельным в данной модели стал социально-экономический показатель (его доля почти 76%). Достаточно существенным оказался вклад антропогенного фактора (18,6%). Причем достоверными факторами оказались именно те загрязнители, концентрации которых в несколько раз превышают предельно допустимые нормы. Природный фактор (лесистость) имеет не-большую, но достоверную долю влияния (3,31%).

Таким образом, на состояние здоровья населения (в нашем случае – на смертность от новообразований) влияет комплекс разнообразных факторов, в том числе фактор загрязнения среды (10-18%), однако *определяющую роль* в этом влиянии играют *экономические и социальные факторы*.

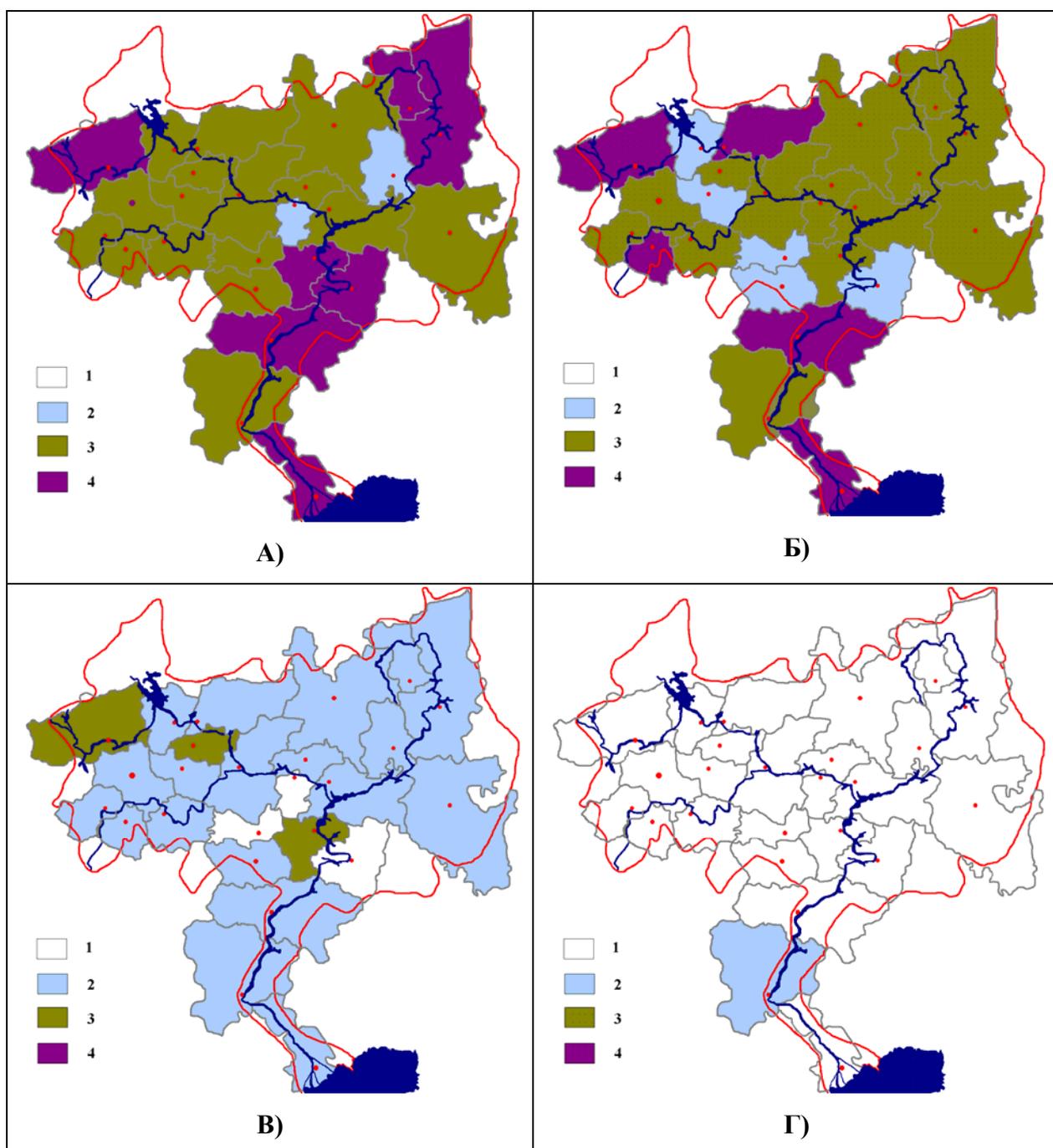
В качестве важного дополнения следует отметить, что в одном из регрессионных уравнений, построенных при проведении ИЭВБ РАН комплексного исследования экологической ситуации в Самарской области (Экологическая ситуация..., 1994), был получен сходный результат. Из него следовало, что на заболеваемости ЗНО взрослого населения, оказывали существенное влияние факторы химического загрязнения среды, в том числе фенолы и нефтепродукты.

Коэффициент младенческой смертности

С использованием ИЭС REGION, проведена балльная оценка территории Волжского бассейна по коэффициенту младенческой смертности (рис. 34). Проведена статистическая обработка пространственно распределенной информации и построено модельное уравнение с проверкой существенности влияния показателей (табл. 10).

Самыми значимыми в полученной модели оказались антропогенные факторы, их совокупный вклад влияния на младенческую смертность – 46,6%. Весьма существенную роль, как и предполагалось, играет «взрослая» заболе-

ваемость (28,5%). Подтверждается зависимость от экономического параметра, хотя и незначительная – 4,6%.



А) – 1990 г.; Б) – 1998 г.; В) – 2000 г.; Г) – 2008 г.
 1 – до 11,4; 2 – от 11,4 до 14,4; 3 – от 14,4 до 17,4; 4 – более 17,4

Рис. 34. Число детей, умерших до года на 1000 родившихся живыми

Коэффициент младенческой смертности на территории Волжского бассейна

Информативные факторы	Уд. вес влияния, %
Забрано воды из природных источников, тыс. м ³ /чел.	36,24
Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ. т/чел.	5,36
Сброс загрязненных вод на одного жителя, м ³ /чел.	4,98
Болезни мочеполовой системы на 1000 человек населения	13,67
Болезни нервной системы и органов чувств на 1000 человек населения	8,18
Больные с впервые установленным диагнозом ЗНО на 1000 человек населения	6,65
Валовой региональный продукт, тыс.руб./чел.	4,61

Заболевания системы кровообращения

На территории Российской Федерации наблюдается стабильный рост первичной заболеваемости по этому классу заболеваний.

Проведена статистическая обработка информации за период с 1998 по 2008 гг. по Самарской области и построено уравнение линейной регрессии. Было рассмотрено 9 воздействующих факторов, из них информативными оказались только пять (табл. 11).

Самыми значимыми в приведенной модели оказались социально-экономические факторы, их совокупный вклад влияния составляет 63,19%. Практически равную и весьма существенную роль играют природные и антропогенные факторы – 17,91% и 17,64% соответственно.

Полученные с использованием ЭИС REGION результаты комплексной обработки информации регионального уровня подтверждают вполне очевидный вывод о том, что на состояние здоровья населения оказывают влияние разнообразные факторы, в том числе и экологические (природные, загрязнения окружающей среды, преобразованность территории). Свою роль (в боль-

шей или меньшей степени воздействия) играют экономические и социальные факторы.

Таблица 11.

Заболевания системы кровообращения

Наименование информативных факторов	Уд. вес влияния (%)
Численность населения с доходами ниже величины прожиточного минимума (тыс. чел.)	9,09
Валовой региональный продукт (в сопоставимых основных ценах)	40,89
Обеспеченность врачами на 1000 человек населения (человек)	13,21
Площадь зелёных насаждений и массивов (тыс. гектаров)	17,91
Использование свежей воды населением (млн. м ³)	17,64

2.5.4. Районирование территории Волжского бассейна и сценарии устойчивого развития

Территория Волжского бассейна крайне неоднородна по большому и сложному природно-климатическому комплексу характеристик и антропогенных воздействий на СЭЭС. Анализ индекса соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» (G) позволяет констатировать, что ситуация приблизилась к критическому состоянию (рис. 35), при котором способность среды к полному самоочищению и самовосстановлению может быть утрачена навсегда (Розенберг, 2009).

При оценке степени устойчивого развития территории в пространстве 44 социально-эколого-экономических параметров было выделено три достаточно контрастных кластера территорий (рис. 36). В *кластер № 1* (можно назвать его «экономически и социально более или менее благополучным и неудовлетворительным по качеству окружающей среды») попали Республики Башкортостан и Татарстан, области Вологодская, Московская, Нижегородская, Пермская, Рязанская, Самарская, Тульская; в *кластер № 3* («экономиче-

ски и социально не удовлетворительный, но сравнительно благополучный по параметрам окружающей среды») – Республики Марий Эл, Мордовия, Удмуртия и Чувашия, а также Астраханская, Калужская, Кировская, Костромская, Курская, Пензенская, и Тверская области; наконец, *кластер № 2* («переходный») включил Владимирскую, Волгоградскую, Ивановскую, Новгородскую, Саратовскую, Тамбовскую, Ульяновскую и Ярославскую области.

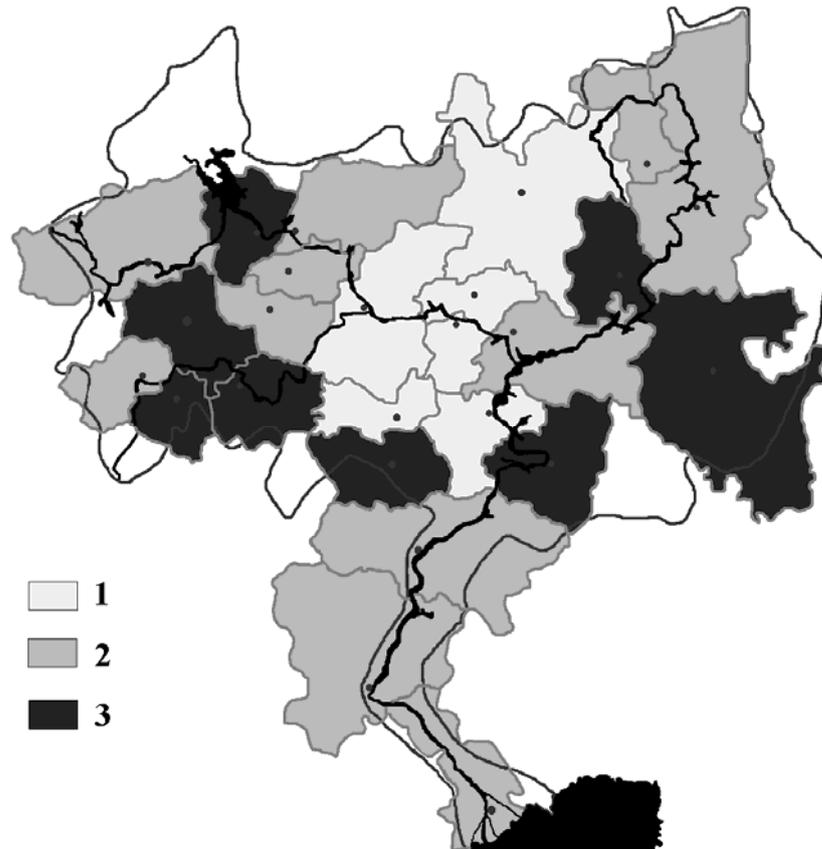


Рис. 35. Районирование территории Волжского бассейна по индексу соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости»

С учетом 25 обобщенных природных компонент и антропогенных нагрузок было осуществлено эколого-экономическое районирование, результаты которого представлены на рисунке 37.

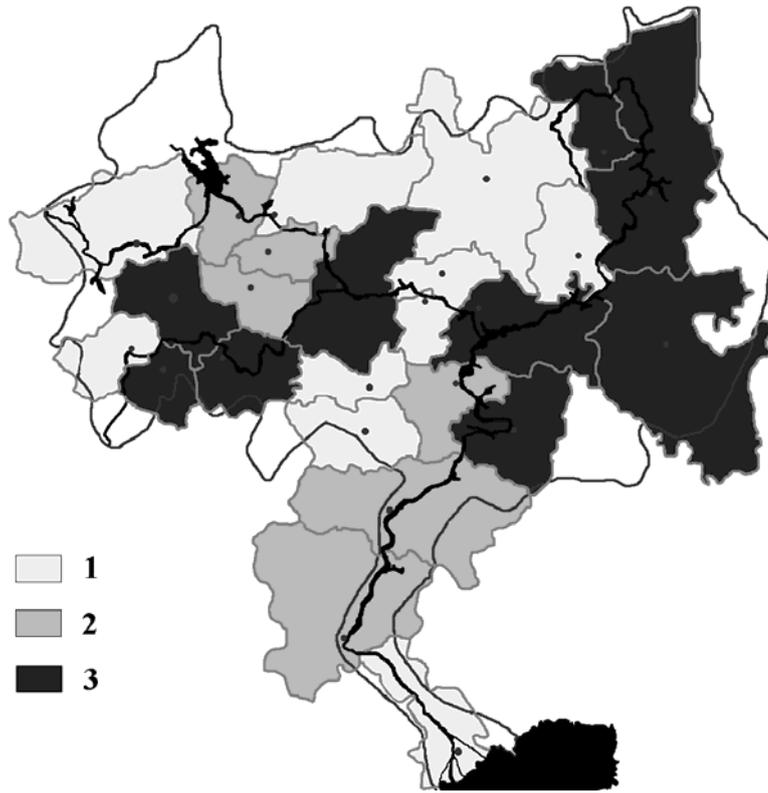


Рис. 36. Районирование территории Волжского бассейна по 44 параметрам (Розенберг, 2009)

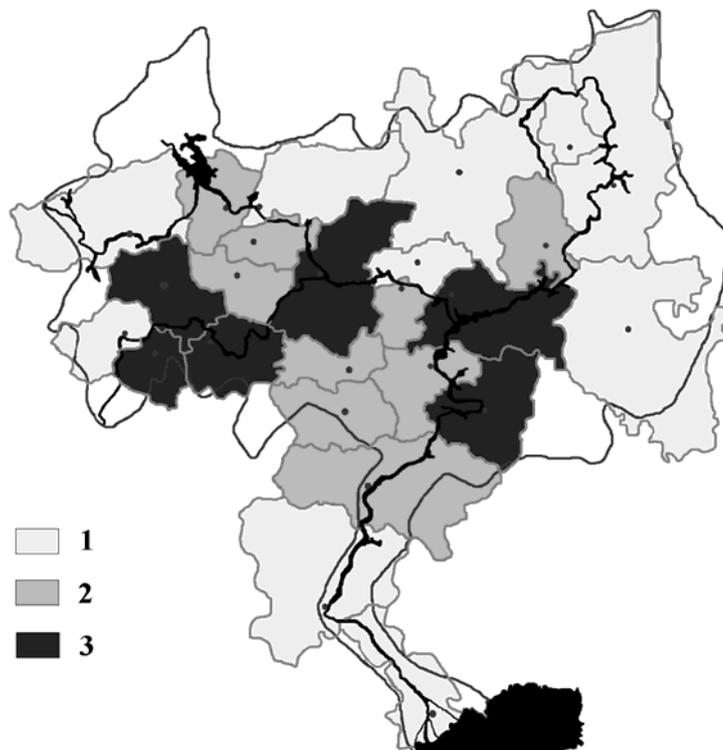


Рис. 37. Районирование территории Волжского бассейна по 25 обобщенным параметрам (Розенберг, 2009)

Нетрудно видеть, что, несмотря на заметные различия в развитии регионов, варианты районирования практически сходны.

Прогноз изменений индексов устойчивого развития на территории Волжского бассейна в условиях различных сценариев

С помощью ЭИС REGION построены уравнения зависимости некоторых индексов устойчивого развития от следующих показателей, в том числе и комплексных (Розенберг, 2009):

1. биотическая продуктивность экосистем Волжского бассейна, т/га/год;
2. лесистость территории, %;
3. лесовосстановление, га/км²;
4. запас фитомассы, т/га;
5. доля ООПТ, %;
6. объем выбросов в атмосферу на одного жителя, т/чел.;
7. сброс загрязненных вод на одного жителя, м³/чел.;
8. обобщенный показатель транспортной нагрузки, баллы;
9. обобщенный показатель сельскохозяйственной нагрузки, баллы;
10. образование отходов различных классов опасности на одного жителя, т/чел.;
11. обобщенный показатель радиационной нагрузки, баллы;
12. индекс нарушенности территории, %;
13. число чрезвычайных ситуаций на млн. жителей;
14. число погибших и пострадавших от ЧС на млн. жителей;
15. плотность населения, чел./км²;
16. доля горожан, живущих в условиях высокого и очень высокого загрязнения атмосферного воздуха, %;

17. общая заболеваемость на 1000 человек (с диагнозом, установленным впервые);
18. заболеваемость злокачественными новообразованиями на 1000 человек;
19. инвестиции в объекты охраны окружающей среды, % к ВРП;
20. доля налогов и сборов за пользование землей и природными ресурсами, % от всех налогов;
21. штрафы и иски, взысканные природоохранными органами, копеек на 1000 руб. ВРП;
22. среднемесячная номинальная начисленная заработная плата, руб.;
23. экологическая прозрачность российского бизнеса, % ;
24. обобщенный показатель культурного уровня населения, баллы;
25. доля религиозных людей, разделяющих и экологическое мировоззрение, % ;
26. коэффициент экологической преступности (на население от 14 лет);
27. индекс нарушенности территории с учетом урбанизации;
28. индекс нарушенности территории с учетом урбанизации и сельскохозяйственного производства.

При синтезе прогнозирующей модели был учтен и возможный нелинейный характер факторов воздействия через включение в регрессионные модели членов вида X_i^2 , $X_i X_j$ и др.

Полученные модели позволили дать сценарный прогноз изменения значений некоторых индексов. В частности индекса физического качества жизни (табл. 12), который в большей степени является социально-экономическим показателем, и индекса преобразованности территории (табл. 13 и 14), характеризующий экологическую составляющую устойчивого развития.

Таблица 12.

Факторы, влияющие на изменение индекса
физического качества жизни (Ифкж)

Наименование факторов, включенных в регрессионную модель	Коэффициент регрессии	Удельный вес влияния фактора	Среднее значение фактора
Свободный член	0,639		
x15, тыс. чел./км ²	0,268	24,28	0,05
x23, %	0,001	29,89	22,3
x25, баллы	0,010	14,16	1,7
Накопленная сумма удельного веса влияния факто- ров, %		68,33	
Коэффициент множественной корреляции		0,827	

Примечание. Число наблюдений – 24; число факторов (всего) – 30, из них информативных – 3.

Таблица 13.

Факторы, влияющие на изменение индекса антропогенной преобразованности
территории (линейная модель)

Наименование факторов, включенных в регрессионную модель	Коэффициент регрессии	Удельный вес влияния фактора	Среднее значение фактора
Свободный член	- 0,719		
x3, га/км ²	3,697	24,41	0,09
x4, т/га	0,003	24,17	142,2
x15, чел./км ²	- 2,357	4,98	0,05
x23, %	- 0,010	13,66	22,3
Ифкж	4,982	9,09	0,69
Накопленная сумма удельного веса влияния факто- ров, %		77,31	
Коэффициент множественной корреляции		0,871	

Примечание. Число наблюдений – 24; число факторов (всего) – 30, из них информативных – 5.

В случае увеличения средней доли экологической прозрачности российского бизнеса до 50% индекс физического качества жизни увеличится на 4,5%. Примерно на столько же (5%) этот индекс увеличится при двукратном увеличении доли религиозных людей, разделяющих и экологическое мировоззрение.

Если социально-экономическими мерами нам удалось повысить индекс физического качества жизни на 15%; индекс антропогенной преобразованности территории увеличится (напомним, что чем больше этот индекс, тем меньше антропогенная нарушенность) на 4,3%.

Эти очень простые (после того, как получено прогнозирующее уравнение) арифметические действия позволяют оценить «скорость» изменения отклика от того или иного воздействия и сопоставить его с теми затратами, которые потребуются для изменения факторов x_i .

Накопленная сумма удельного влияния факторов (табл. 13) не очень велика (чуть больше 77%), что заставляет усложнить регрессионную модель введением нелинейных членов (см. табл. 14).

Если сравнивать списки факторов, вошедших в линейную и нелинейную модель, то можно отметить, что они почти совпадают (правда, в нелинейное уравнение с небольшим удельным весом и, что вполне логично, отрицательным знаком, вошло нелинейное преобразование фактора x_{26} – коэффициента экологической преступности).

Рассмотрен сценарий, при котором с помощью социально-экономических мер (например, через нелинейный рост «сознательности» в результате роста доходов, образования, долголетия и снижения младенческой смертности, будет расти доля заповедных территорий...) удалось повысить индекс физического качества жизни на 15%. В этом случае индекс антропогенной преобразованности территории по нелинейной модели увеличится на 9,5%.

Факторы, влияющие на изменение индекса антропогенной преобразованности территории (нелинейная модель)

Наименование факторов, включенных в регрессионную модель	Коэффициент регрессии	Удельный вес влияния фактора	Среднее значение фактора
Свободный член	- 1,095		
x3, га/км ²	3,773	24,53	0,09
x4, т/га	0,003	24,87	142,2
x15 · x23	- 0,115	11,86	1,19
X23 · Y9	- 0,0075	7,36	15,9
$\sqrt{x_{26}}$	0,042	6,41	5,14
Y9	5,390	9,68	0,69
Накопленная сумма удельного веса влияния факторов, %		83,71	
Коэффициент множественной корреляции		0,915	

Примечание. Число наблюдений – 24; число факторов (всего) – 21, из них информативных – 6.

Для большей наглядности реализации такого сценария дано (рис. 38) пространственное распределение индекса антропогенной преобразованности территории Волжского бассейна. Причем, эти результаты даны в единой шкале, что позволяет оценить, за счет каких территорий будет реализован сценарий (Розенберг, 2009).

Рассматривая аналогичные сценарии других индексов, следует отметить, что недостаточно какого-либо одного (пусть даже «самого универсального») индекса для оценки устойчивости развития региона. Это вполне соответствует системологическим принципам (Флейшман, 1982; Розенберг, 1988, 2005; Розенберг и др., 1999), в рамках которых любая сложная система (в том числе и СЭЭС) не может быть охарактеризована одним числом (принцип

множественности моделей). Однако, такой регрессионный анализ пространственно распределенной информации для крупного региона позволяет «нащупать» и оценить зависимости между разными индексами и факторами воздействия, что создает возможности построения научно-обоснованной системы индексов устойчивого развития.

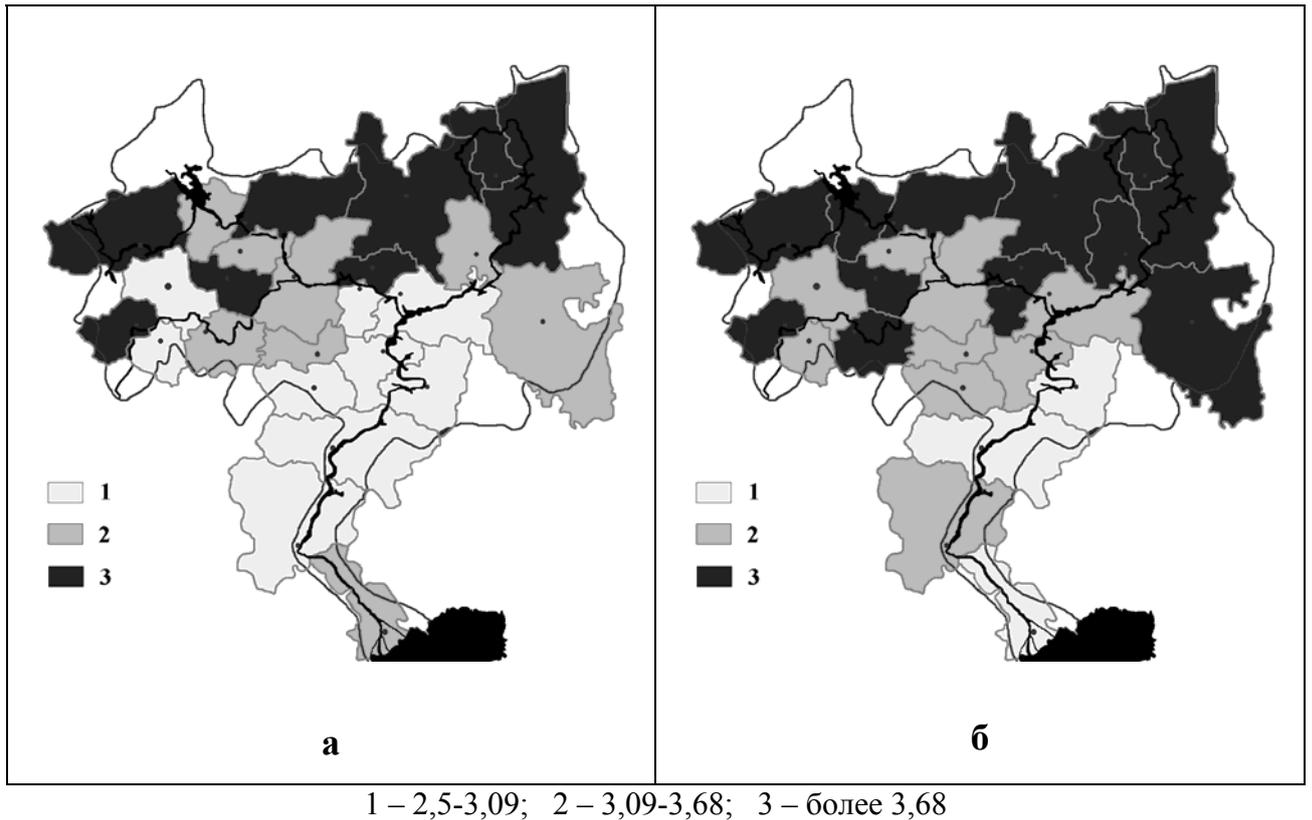


Рис. 38. Индекс антропогенной преобразованности территории
а – современное состояние; б – сценарное развитие

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 более эффективной деятельность по реализации устойчивого развития в регионе, что будет в духе несколько забытой, но не отмененной Экологической доктрины России (Розенберг и др., 2009).

Глава 3. ОЦЕНКА И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ, ТЕНДЕНЦИЙ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Важной характеристикой любой экосистемы является видовое разнообразие биотической компоненты, которое зависит в первую очередь от природно-климатических условий, ландшафтных особенностей и специфики исторического развития территории. Основное значение при этом играет комплекс факторов, определяющих «экологическую емкость» территории, то есть «объем» ресурсов, необходимых для существования популяций видов.

Прямой и однозначной связи между биоразнообразием и устойчивостью экосистем нет. Высокая оценка биоразнообразия через общее число видов (видовое богатство) или оценка через многочисленные индексы разнообразия указывает на наличие большого количества связей между биотическими компонентами и, следовательно, большей устойчивостью. Поэтому существует ряд аргументов в пользу сохранения биоразнообразия. Его изучение и слежение за динамикой является основой для мониторинга окружающей среды.

Показатели, используемые для характеристики состояния биоресурсов на исследуемой территории, как правило, включают в себя:

- списки видов, входящих в изучаемое сообщество с указанием численности и биомассы;
- различные индексы видового разнообразия;
- индексы или меры дистанции, определяющие меру сходства/различия наблюдаемых сообществ от «эталона», т.е. определение степени нарушенности по сравнению с естественным состоянием в данных экологических условиях.

Любое несовпадение перечней видов в сообществах с различной антропогенной нагрузкой следует считать признаком изменения видового состава. Однако такой «лобовой» оценке мешают методические трудности как экологического, так и математического плана.

3.1. Анализ биоразнообразия Самарской области

Для оценки состояния биоразнообразия в рамках ЭИС REGION была использована информация, основанная на экспертной балльной оценке встречаемости видов и их эколого-ценотической приуроченности. Балльные оценки базировались на результатах исследований сотрудников ИЭВБ РАН, а также на литературных источниках. Интегральная оценка биоразнообразия осуществлялась с помощью индексов разнообразия.

Ввод биологических показателей осуществляли согласно физико-географическому районированию (Физико-географическое..., 1964) с автоматическим распределением по участкам территории. Сочетание введенной информации с показателями антропогенного воздействия, имеющиеся в виде набора числовых значений по муниципальным районам, позволило оценить влияние окружающей среды на видовое разнообразие и определить доли влияния природных и антропогенных факторов (Костина, 2005, 2015).

На территории Самарской области частично или полностью расположено 11 физико-географических районов, каждый из которых обладает сравнительно однородными природными условиями и естественными ресурсами. Ниже приведена краткая характеристика районов (Физико-географическое..., 1964) с учетом природных зон (см. табл. 15) и их расположение (рис. 39).

Свияго-Усинский возвышенный район с двухъярусным рельефом. Поверхность района представляет собой возвышенную равнину, расчлененную долинами рек, балками, оврагами. В пределах водоразделов отчетливо выражены две ступени рельефа: высокое плато с абсолютными отметками 280-320 м и низкое плато с отметками 180-240 м, окаймляющее со всех сторон высо-

кое. Высокое и низкое плато повсюду сложено однообразными породами палеогена – песками, песчаниками, опоками. Четвертичные отложения представлены делювием на склонах долин и балок, а также аллювиальными образованиями (в основном песчаные и суглинистые фракции) в поймах рек и надпойменных террасах. В районе проявляется почвенная и медленная овражная эрозия. Механический состав почв главным образом песчаный. Материнские породы – пески, песчаники, опоки, а по долинам рек аллювиальные пески и делювиальные суглинки. В использовании природных ресурсов основное место занимает земледелие, добыча полезных ископаемых (кварцевый песок, песчаник), заготовка леса.

Таблица 15.

Физико-географические районы, входящие в состав территории Самарской области

Наименование		Доля от общей площади области, %
<i>Лесостепная зона</i>		
Лесостепная провинция Приволжской возвышенности	Свияго-Усинский (52)	6,6
	Южно-Сызранский (54)	0,3
	Жигулевский (55)	4,5
Лесостепная провинция Низменного Заволжья	Кондурчинский (63)	3,1
	Мелекесско-Ставропольский (64)	6,6
Лесостепная провинция Высокого Заволжья	Бугульминский (67)	2,8
	Сокский (69)	26,8
	Самаро-Кинельский (70)	8,4
<i>Степная зона</i>		
Степная провинция Низменного и Сыртового Заволжья	Чагринский (71)	9,8
	Сыртовый (72)	22,0
	Иргизский (73)	9,1

Примечание. В скобках указаны номера районов (см. рис. 39).

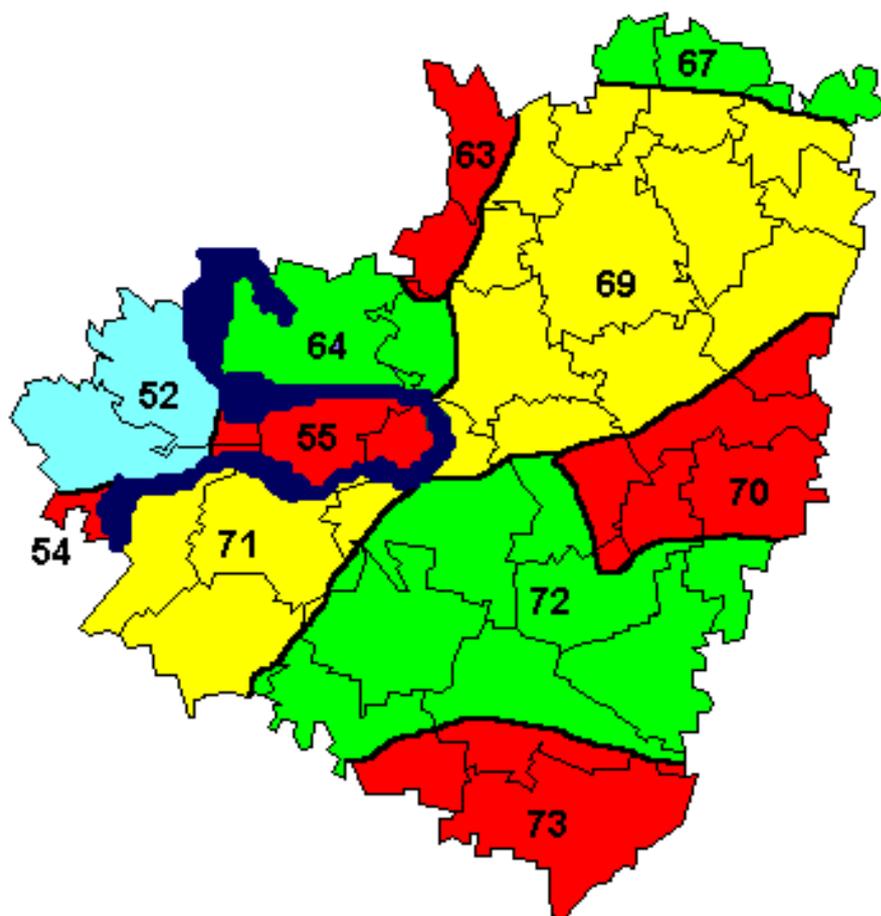


Рис. 39. Физико-географические районы Самарской области
(Физико-географическое..., 1964)

Южно-Сызранский равнинный степненный район нижнего плато. Поверхность района представляет собой невысокое плато, густо расчлененное долинами рек, балками и оврагами. Характерной чертой рельефа являются оползни, которые всюду осложняют склоны долин, балок, оврагов. Почвенная и овражная эрозия выражена очень резко, что объясняется почти полным отсутствием лесов, сильной распаханностью территории, наличием крутых склонов. Район очень беден подземными водами. В почвенном покрове преобладают черноземы, среди которых наибольшим распространением пользуются обыкновенные, выщелоченные и среднегумусные. Темно-серые лесные оподзоленные почвы наблюдаются под лесами на высоких участках водораздельных склонов. В использовании природных ресурсов основное место за-

нимает добыча полезных ископаемых (нефть, горючие сланцы, глина, песок, гравий), земледелие, животноводство.

Жигулевский возвышенно-равнинный район с двухъярусным рельефом. Жигулевский район занимает участок правобережья Волги, ограниченный с севера, востока и юга излучиной реки (от г. Тольятти до г. Сызрани – 220 км). Жигулевские горы тянутся полосой по северному краю Самарской Луки в длину на 75 км. Сетью глубоко врезаемых оврагов-буераков Жигули разделяются на отдельные массивы. Самая высокая точка Жигулевских гор – гора Стрельная 370,6 м абс. высоты. Основные черты современного рельефа Жигулей были созданы в преадакчарыгыльское время, в дальнейшем происходила моделировка склонов, их выполаживание за счет накопления делювия. Современная эрозия и рост оврагов почти не происходит из-за сильной закарстованности Жигулевского массива. Трещиноватые, карстующиеся породы Жигулей почти полностью поглощают поверхностные воды, затрудняют развитие эрозионных процессов. Южнее Жигулевских гор расположена полого опускающаяся к юго-юго-западу возвышенность, имеющая характер плато, расчлененная глубоко врезаемыми сухими долинами. Плато Самарской Луки имеет сложное геолого-тектоническое строение, но отличается преобладанием плоского рельефа, присущего для песчаных равнин. Почвенный покров характеризуется наибольшей пестротой и сложностью. Выделяются несколько категорий почв: серые и темно-серые лесные почвы; черноземы оподзоленные; черноземы выщелоченные средне- и малогумусные; карбонатные черноземы; черноземы солонцеватые; неразвитые, сильно смытые почвы и обнажения пород; подзолистые почвы преимущественно боровые пески; пойменные почвы; черноземы долинные. Под лесом находится 30-50% территории Самарской Луки. Остальная территория, которая в прошлом была покрыта лесом, сейчас имеет степной ландшафт и покрыта степной и луговой растительностью. На территории района расположены Жигулевский государственный природный заповедник им. И.И. Спрыгина и национальный парк «Самарская Лука».

Кондурчинский остепненно-равнинный район. Для района характерна ровная столообразная поверхность, полностью освоенная человеческой сельскохозяйственной деятельностью. Весьма малые уклоны водораздельных скагов неблагоприятны для развития овражной сети. Климатические условия весьма благоприятны для формирования почв степного типа и мало благоприятны для произрастания лесной растительности. Распространены преимущественно типичные черноземы, встречаются среднemocные выщелоченные черноземы. Естественная растительность в современных условиях преимущественно отсутствует.

Мелекесско-Ставропольский низменно-равнинный район сосновых лесов на бугристых песках. Эрозионную расчлененность территория имела уже в неогене. Для неоген-четвертичного комплекса типичны песчанно-глинистые отложения и их разности, а также имеются в основании древних террас базальные горизонты, содержащие значительное количество гравия и гальки. Типичны обрушения высоких песчаных и суглинистых берегов. Почвенный покров сформировался на рыхлых отложениях четвертичного возраста и представлен песчаными и супесчаными грунтами; подзолистыми почвами, террасовыми и суглинистыми черноземами, солонцами. Значительные площади района характеризуются оподзоленными черноземами и темно-серыми слабоподзоленными почвами лесостепи, чаще суглинистого механического состава. Первичный лесостепной ландшафт подвергся значительным изменениям. В использовании природных ресурсов основное место занимает земледелие, животноводство.

Бугульминский возвышенно-расчлененный лесостепной район двухъярусного рельефа. В рельефе имеется резкий контраст широких плоских возвышенностей с глубокими долинами рек. Наибольшим распространением пользуются черноземы выщелоченные и обыкновенные (типичные).

Сокский возвышенно-равнинный лесостепной район с грядово-увалистым рельефом. В геоморфологическом отношении территория района

является частью провинции Высокого Заволжья и представляет собой волнистую возвышенную равнину, расчлененную глубокими и широкими речными долинами. Поверхность района имеет основной наклон на запад, юго-запад, по направлению к долине Волги, согласно которому текут и реки. В связи с геологическим строением в районе находятся запасы нефти и газа, имеются залежи серы. Известны месторождения гипсов и ангидридов. Для территории района характерно большое количество водоносных горизонтов и обилие подземных вод. Почвы района характеризуются преобладанием черноземов, среди которых распространены тучные разновидности. Встречается среднегумусный выщелоченный чернозем. Развито сельское хозяйство и животноводство.

Самаро-Кинельский возвышенно-равнинный район с развитием придолинных лесов. Для рельефа характерно наличие асимметрично построенных водоразделов, вытянутых в основном в широтном направлении. Наиболее широко развиты надпойменные аллювиальные террасы, представляющие открытую степную равнину, местами пересеченную балками и лощинами. На территории района находятся месторождения нефти и природного газа, известняка, кирпичных глин и песка. Почвы района по своему видовому составу отличаются большой пестротой. Преобладающими являются обыкновенные глинистые черноземы. Развито сельское хозяйство и животноводство.

Чагринский низменно-равнинный район с придолинными лесами байрачного типа. В районе хорошо выражена асимметрия водораздельных склонов. Склоны южной экспозиции являются крутыми и короткими, склоны северной экспозиции – пологие и широкие. Рельеф характеризуется тремя террасами: первая -- напоминает пойму с песчаными грядами и старицами, поверхность второй ровная, рельеф третьей более волнистый. На территории района находятся месторождения нефти и природного газа, кирпичных и огнеупорных глин, асфальта и асфальтида. Преобладают обыкновенные черноземы, встре-

чаются южные черноземы. Большая часть территории распахана. Развито сельское хозяйство и животноводство.

Сыртовый равнинный степной район с сырцовыми поверхностями рельефа. Район расположен на пермском плато Высокого Заволжья. Пермские поднятия и структурные ступени нашли отражение в современном рельефе. На территории района находятся месторождения нефти и природного газа, кирпичных глин и песка. Преобладают обыкновенные черноземы среднегумусные среднемощные и мощные, глинистые по механическому составу. Имеются южные черноземы, а также долинные черноземы, среди которых разбросаны пятна солонцов. На востоке – крупный массив боровых песков. Большая часть территории распахана. Развито сельское хозяйство и животноводство.

Иргизский низменно-равнинный степной район южного типа. Район расположен на восточной окраине Сыртовой равнины. Преобладают темно-каштановы карбонатные почвы, имеются южные и обыкновенные черноземы. Большая часть территории распахана. Развито сельское хозяйство и животноводство.

Введена информация балльных оценок встречаемости по видам сосудистых растений, птиц, млекопитающих и пресмыкающихся (Костина, 2005; Розенберг и др., 2005, 2006). Всего в базу данных было добавлено более 500 показателей, значения которых получены в ходе экспедиционных исследований, а также из литературных источников. Процедура отображения (на экран или принтер) позволяет оценить пространственное распределение каждого введенного показателя (рис. 40).

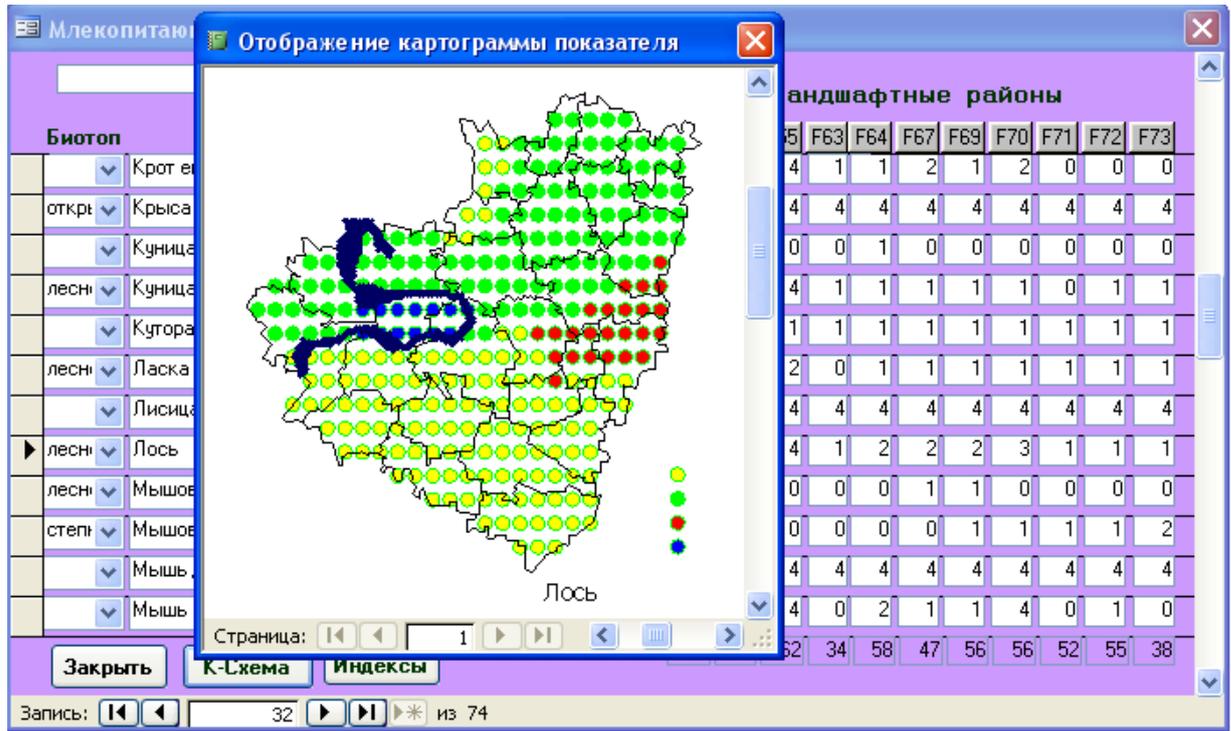


Рис. 40. Отображение картограммы показателя, выбранного из списка видов

Получение комплексных показателей для физико-географических районов, входящих в состав Самарской области, базировалось на расчете индексов видового разнообразия (рис. 41): Шеннона-Уивера (ED_1), индекс Макинтоша (ED_4), обратная величина индекса Симпсона ($ED_7(2)$). Причем индекс Макинтоша в рамках балльной оценки встречаемости становится частным случаем алгоритма «оценка» и отражает меру удаленности от условно «наихудшего» состояния, характеризующего полное отсутствие всех видов. Использовался алгоритм «комплекс», основанный на сложении оценок встречаемости видов, предполагая равную значимость (важность) каждого вида (S).

The screenshot shows a software window titled "Семейство мятликовых: список видов" (Family Poaceae: list of species). It features a search bar with "Af" and a "Найти" button. Below is a table of species across 12 landscape regions (F52-F73). A pop-up window titled "Индексы" (Indices) displays a table of diversity indices for the same species.

ЭЦГ	Наименование вида	F52	F54	F55	F63	F64	F67	F69	F70	F71	F72	F73
лугос	<i>Festuca pseudovina</i> Hack. ex Wiesb.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
лугос	<i>Festuca rubra</i> L.	3	2	3	4	4	4	3	3	2	2	2
степ	<i>Festuca rupicola</i> Heuff.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
степ	Fe										4	4
степ	Fe											
степ	Fe											
лугос	Gl										3	3
лугос	Gl										3	3
лугос	Gl											
лугос	Gl										3	3
лугос	Gl										3	3
степ	He										4	4
лугос	<i>Helictotrichon pubescens</i> (Huds.) T. G.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Семейство мятликовых		Индексы видового разнообразия в баллах										
Наименование		F52	F54	F55	F63	F64	F67	F69	F70	F71	F72	F73
сумма(S)		6	1	5	2	2	1	4	4	2	1	1
ED1		6	2	5	2	2	1	4	4	3	2	3
ED4		6	1	5	3	3	2	5	4	2	1	1
ED7(2)		6	2	5	2	2	1	4	4	2	2	2

Страница: 1 из 170

Количество видов: 137 | 113 | 133 | 106 | 111 | 102 | 125 | 124 | 114 | 113 | 115

Рис. 41. Результат расчета индексов видового разнообразия (семейство *Poaceae*)

3.1.1. Оценка состояния территории Самарской области по редким видам сосудистых растений

Пространственное распределение редких видов флоры отражает уровень сохранности фиторазнообразия. Доли редких видов по отношению к общему числу видов флоры по физико-географическим районам представлены на рисунке 42.



Рис. 42. Распределение количества редких видов по отношению к общему числу видов

Для оценки степени флористического сходства использовался коэффициент Жаккара, который служит индексом общности, учитывающим положительные совпадения. Коэффициент рассчитывается по формуле

$$K_j = c/(a+b-c),$$

где **a** – число видов в одном флористическом списке; **b** – число видов в другом списке; **c** – число видов, общих для двух списков.

Степень флористического различия ($K_j^1 = 1 - K_j$) была рассчитана по отношению к Жигулевскому району (рис. 43), на территории которого распо-

ложены Жигулевский заповедник им. И.И. Спрыгина и национальный парк «Самарская Лука».

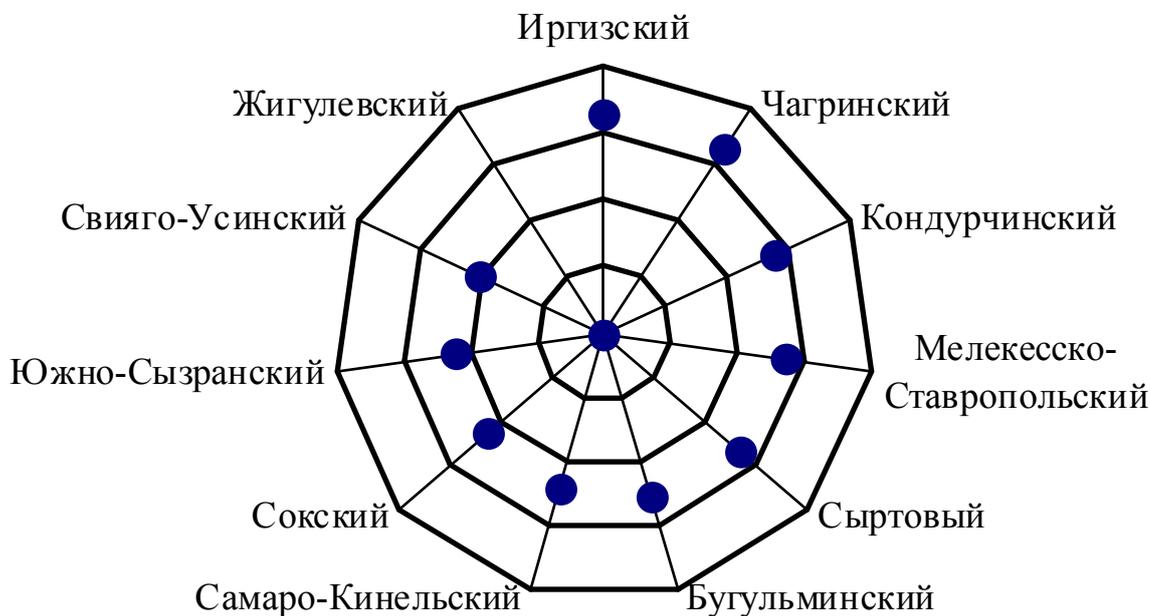
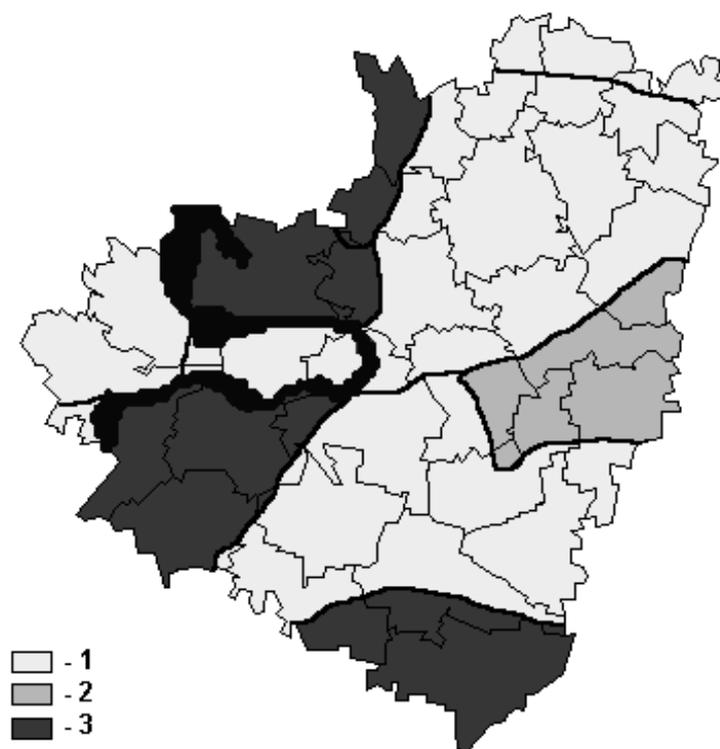


Рис. 43. Степень флористического различия (K_j^1) с Жигулевским районом по комплексу редких видов

С использованием ЭИС REGION проведена оценка состояния по комплексу редких видов флоры на территории Самарской области с учетом их распространения по физико-географическим районам. Каждому виду было присвоено значение из дискретной шкалы $\{0, 1, 2, 3\}$, где 0 – не встречается, 1 – крайне редок, 2 – весьма редок, 3 – редкий вид, и с помощью алгоритма «оценка» была проведена обработка информации. В качестве наихудшего состояния была выбрана точка с отсутствием всех видов, а за наилучшее – присутствие видов со значением, равным трем. Пространственное распределение полученной оценки представлено на рис. 44.

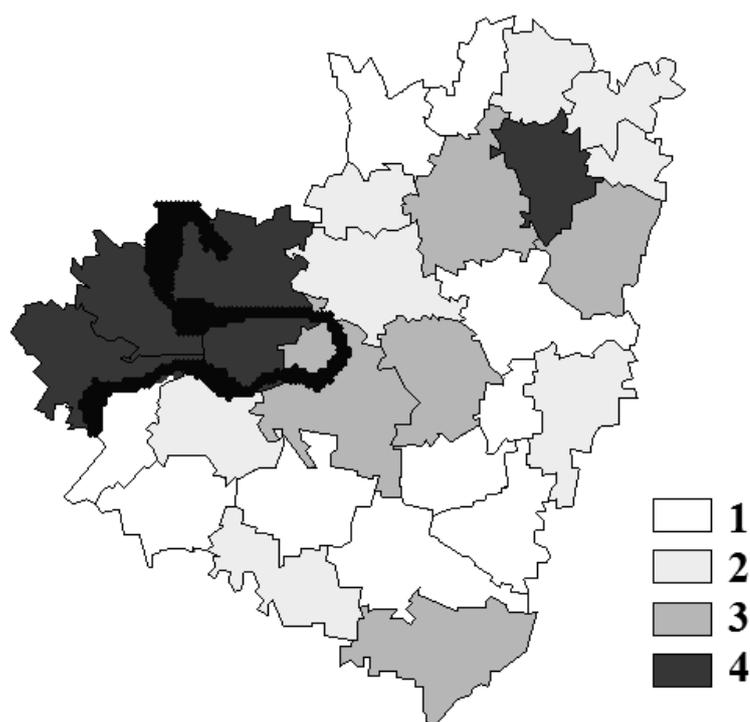
Наиболее бедными по числу редких видов флоры (в том числе по реликтам и локальным эндемикам) являются Мелекесско-Ставропольский, Иргизский и Чагринский районы. Это отражает однородность эколого-ценотических условий с одной стороны, и высокую степень преобразованности природно-территориальных комплексов – с другой.



1 – наилучшая, 2 – средняя, 3 – наихудшая

Рис. 44. Оценка состояния Самарской области по комплексу редких видов флоры, баллы (Костина, 2005, 2015)

Распределение видов сосудистых растений «Красной книги Самарской области» (Красная книга..., 2007) по муниципальным районам (рис. 45) также демонстрирует различия, связанные в первую очередь со степенью сохранности соответствующих экотопов (Кудинова и др., 2015).



количество видов: 1 – до 46; 2 – от 47 до 76; 3 – от 77 до 106; 4 – более 106

Рис. 45. Оценка состояния Самарской области по комплексу особоохраняемых видов сосудистых растений

Таким образом, наилучшая степень сохранности раритетов флоры наблюдается в правобережных ландшафтах Самарской области. Это связано с историей развития территории (древние природные комплексы), а также с тем, что она является «неудобной» с хозяйственной точки зрения. Близка к критической сохранность раритетных элементов флоры районов Низменного Заволжья, которые характеризуются однообразными экологическими условиями. К тому же, со второй половины XIX века эти территории активно распахиваются.

3.1.2. Анализ по некоторым таксономическим единицам флоры

Флористический состав видов любой рассматриваемой территории отражает как природно-климатические, так и исторически сложившиеся условия – форму рельефа, наличие «следов» предыдущих фаз развития растительного

покрова в других эпохах. Свою роль играют и антропогенные процессы, которые оказывают влияние на состояние естественных экосистем, в том числе и на видовой состав флоры.

На территории Самарской области произрастают более 1960 видов сосудистых растений (Сосудистые растения..., 2007; Саксонов, Сенатор, 2012).

Проведена оценка состояния экосистем Самарской области по видовому составу трех таксономических групп (Костина, 2005): папоротникообразные (*Polypodiophyta*) – 21 вид, семейства *Cyperaceae* (92 вида) и *Poaceae* (177 видов).

Папоротникообразные относятся к наиболее древней группе растений. Большая часть видов являются редкими видами, включенными в Красные книги федерального и регионального значения. Одной из особенностей распространения папоротников является их приуроченность к реликтовым природно-территориальным комплексам с высокой степенью сохранности геолого-географической и фитоценотической среды.

Семейство *Poaceae* – одно из самых многочисленных семейств флоры, виды которого занимают разнообразные экотопы и, следовательно, распространение видов этого семейства дает наиболее дифференцированную экологическую оценку территории.

Семейство *Cyperaceae* также входит в головную часть семейственного спектра. В первую очередь виды этого таксона широко представлены в сообществах болот, сырых лугов, берегов водоемов и водотоков. Менее разнообразны в видовом отношении, но активны в сложении фитоценозов лесные и степные виды.

Полученные оценки фиторазнообразия по представителям трех рассмотренных таксономических групп отражают распределение общего фиторазнообразия по Самарской области с учетом ландшафтных особенностей и степень антропогенной трансформации.

Исходной информацией послужили данные, основанные на экспертной балльной оценке встречаемости видов.

3.1.2.1. Оценка состояния территории с использованием видового состава отдела папоротникообразных

Традиционно самым многочисленным отделом в составе флор локального и регионального уровня в Самарской области являются цветковые растения. Анализ распределения по изучаемой территории представителей отдела папоротникообразных позволяет учесть особенности этой систематической группы, вносящей свой вклад в общее разнообразие биоты. Папоротникообразные (отдел Polypodiophyta) достаточно многочисленны во флоре (по сравнению, например, с плаунообразными).

Одной из особенностей пространственного распространения папоротников является их приуроченность к реликтовым природно-территориальным комплексам с высокой степенью сохранности геолого-географической и фитоценотической среды.

На территории Самарской области достоверно выявлено 20 видов папоротникообразных растений (Сосудистые растения..., 2007; Саксонов, Сенатор, 2012), распределение которых по физико-географическим районам приведено в таблице 16.

По набору видов и их суммарному числу папоротникообразные характеризуют флору Самарской области как экотонную. Северная половина (лесостепная) характеризуется присутствием бореальных видов, а южная (степная) – неморальных. На юге разнообразие и численность папоротникообразных резко падает, а в западных районах (Приволжская возвышенность) возрастает. Такое пространственное распределение является зональным для равнинных восточноевропейских флор. Иная картина наблюдается на Приволжской возвышенности, где в растительном покрове распространены петрофильные

(монтанные) папоротники, как, например, *Asplenium trichomanes*, *A. septentrionale*, *A. ruta-muraria*, *Polypodium vulgare* и некоторые другие.

Таблица 16.

Количество видов папоротникообразных по физико-географическим районам Самарской области

Наименование района		Кол. видов
<i>Лесостепная зона</i>		
Лесостепная провинция Приволжской возвышенности	Свияго-Усинский (52)	15
	Южно-Сызранский (54)	2
	Жигулевский (55)	16
Лесостепная провинция Низменного Заволжья	Кондурчинский (63)	3
	Мелекесско-Ставропольский (64)	4
Лесостепная провинция Высокого Заволжья	Бугульминский (67)	5
	Сокский (69)	7
	Самаро-Кинельский (70)	8
<i>Степная зона</i>		
Степная провинция Низменного и Сыртового Заволжья	Чагринский (71)	7
	Сыртовый (72)	2
	Иргизский (73)	2

В базу данных ЭИС REGION были включены значения встречаемости по каждому виду в виде балльной оценки: 0 – не встречается; 1 – крайне редок; 2 – редок; 3 – обычный; 4 – многочисленный. Полученные показатели видового разнообразия и их пространственное распределение (рис. 46) подтверждает, что наибольшими значениями обладают Свияго-Усинский и Жигулевский районы. Картографическое отображение индекса Шеннона-Уивера подчеркивает особенности распространения видов этого отдела и укладывается в схему природоохранного районирования Самарской области, направленную на оптимизацию режима природопользования в целях сохранения биологического разнообразия.

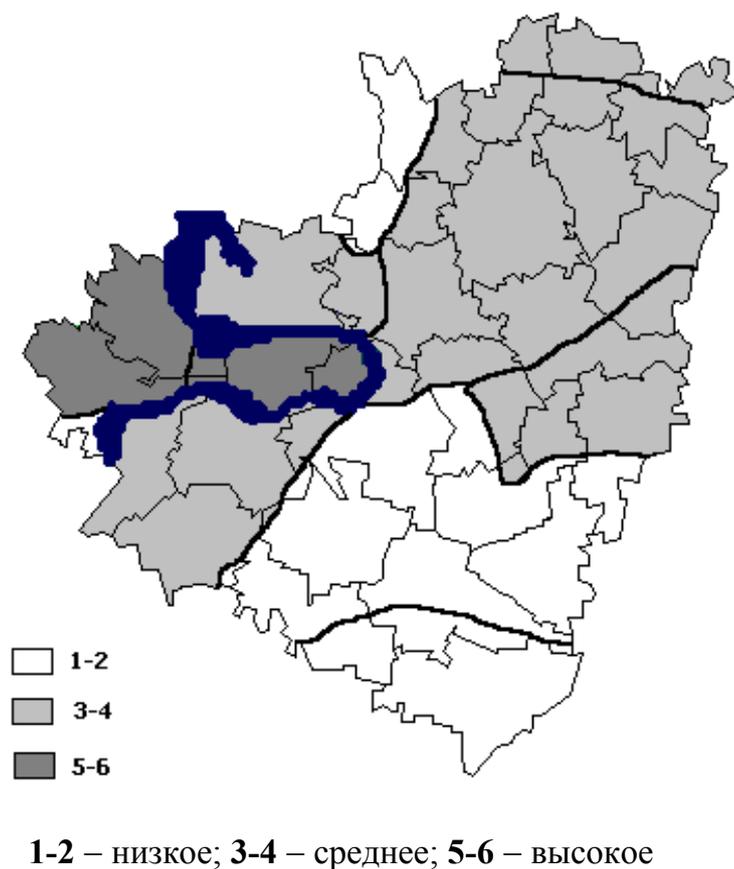


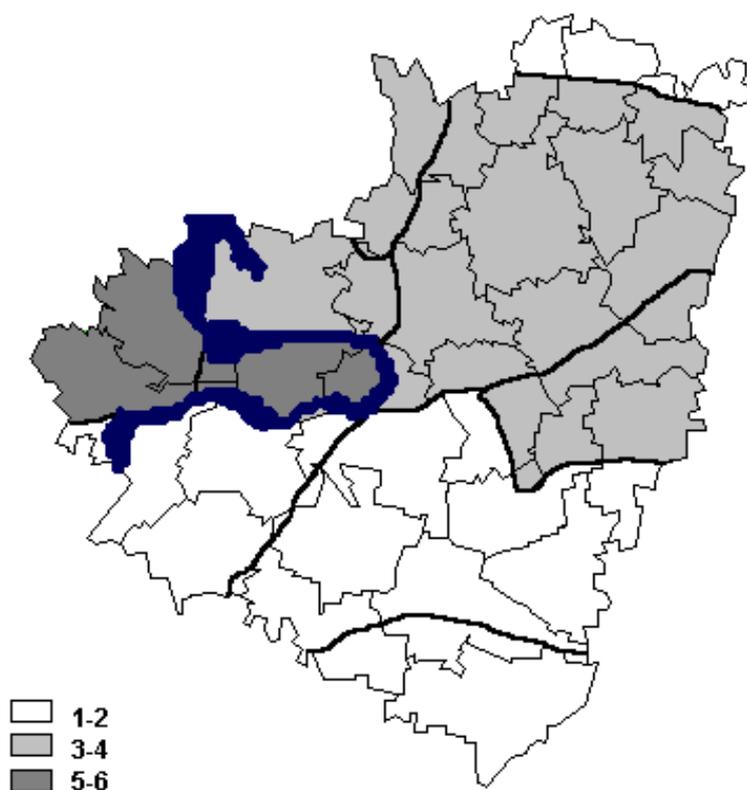
Рис. 46. Видовое разнообразие (индекс Шеннона-Уивера) папоротников по физико-географическим районам Самарской области

3.1.2.2. Оценка состояния территории по видовому составу семейства *Polypodiaceae*

На территории Самарской области, как и на большей части Голарктического царства, семейство *Polypodiaceae* по количеству представленных видов занимает второе место. Это одно из самых многочисленных семейств флоры, виды которого занимают разнообразные экотопы. Следовательно, его распространение дает наиболее дифференцированную экологическую оценку территории.

В базу данных ЭИС REGION были включены значения встречаемости по каждому виду семейства *Polypodiaceae* в виде балльной оценки (0 – не встречается; 1 – крайне редок; 2 – редок; 3 – обычный; 4 – многочисленный). Анализ

эколого-ценотической структуры по физико-географическим районам подтвердил как индивидуальные черты, так и тот факт, что соотношения лесных (3-9%), луговых (46-50%), степных (19-22%) видов этого семейства укладывается в диапазоны, присущие природно-климатической зоне. Максимальные значения показателей видового разнообразия характерны для правобережных районов, а минимальные – для степной части Самарской области. На рисунке 47 приведено пространственное распределение полученных значений индекса Макинтоша.



1-2 – низкое; 3-4 – среднее; 5-6 – высокое

Рис. 47. Видовое разнообразие (индекс Макинтоша) семейства *Poaceae*, баллы

Особенно ярко специфику физико-географических районов подчеркивают представители трех эколого-ценотических групп (ЭЦГ), являющихся аборигенной фракцией местной флоры: лесные, луговые (в меньшей степени) и степные ценоэлементы (рис. 48-50).

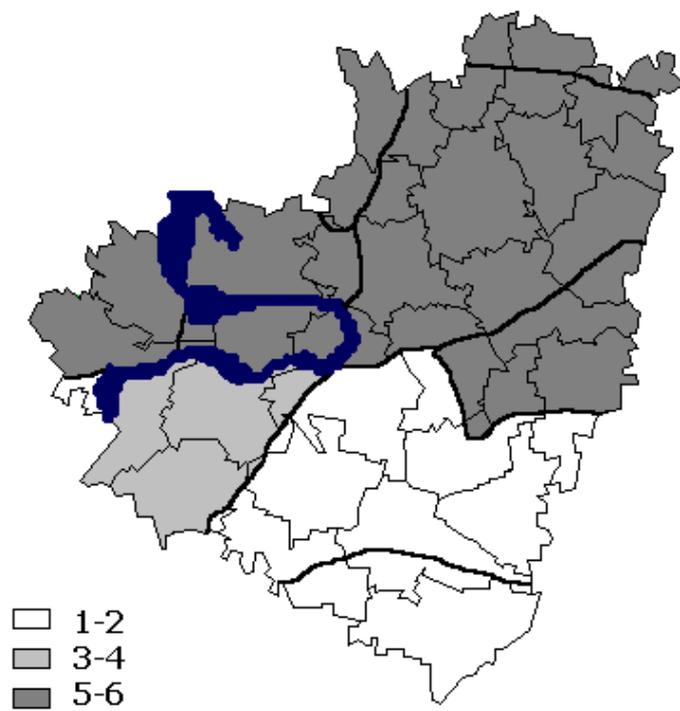


Рис. 48. Видовое разнообразие лесной ЭЦГ семейства *Poaceae*, баллы

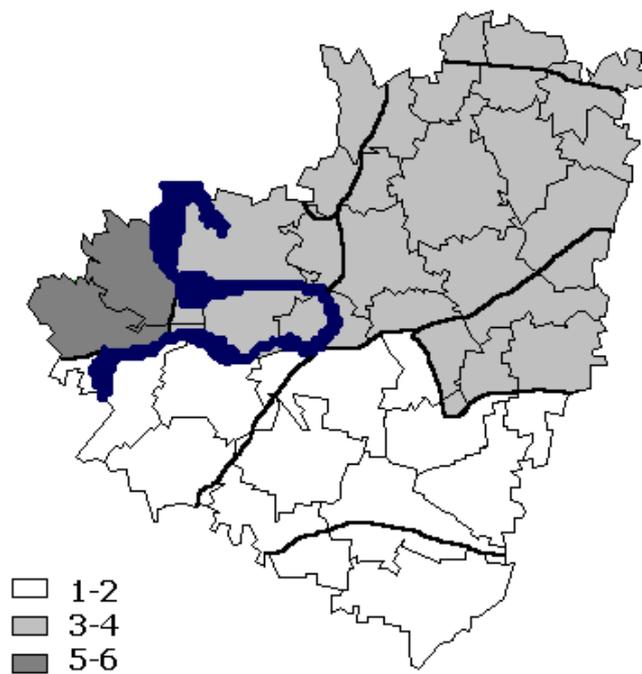


Рис. 49. Видовое разнообразие луговой ЭЦГ семейства *Poaceae*, баллы

Изменение климатических условий сказывается на видовом разнообразии лесных ценоэлементов. В отношении лугового ценоэлемента (рис. 49) прослеживается аналогичная зависимость. Луговые сообщества в силу своего генезиса не являются зональной растительностью, а представляют модификации (скорее всего антропогенного свойства) экотонных участков лесов (опушечный ценоэлемент, который нами не выделялся) или сукцессионные стадии пашенных участков: залежей, паров, пастбищ. Максимум видового разнообразия приходится на Свяго-Усинский район, минимум – на Иргизский.

Распределение видового разнообразия степной ЭЦГ по физико-географическим районам обратно пропорционально по отношению к пространственному распределению лесной ЭЦГ (рис. 50). В южной части Самарской области оно достигает максимума (Иргизский район). Однако четкую картину классического распределения осложняют районы, которые расположены в северной половине области, где в силу особенностей рельефа сформировались так называемые каменистые степи.

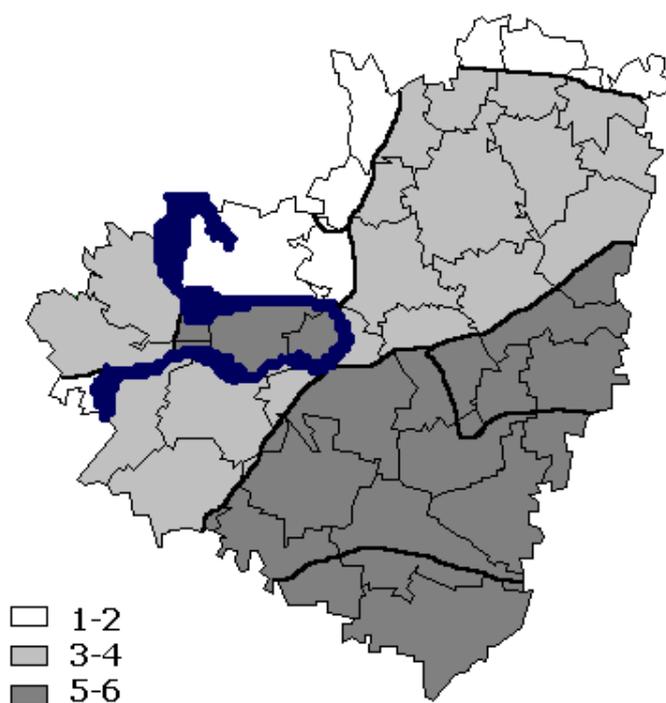


Рис. 50. Видовое разнообразие степной ЭЦГ семейства *Poaceae*, баллы

Наиболее четко физико-географическая дифференциация проявилась при обработке данных методом факторного анализа. В силу отсутствия вариативности из рассмотрения были исключены виды, равномерно присутствующие во всех рассматриваемых районах, все культивируемые злаки, ряд сорных и заносных (преимущественно археофиты) видов, а также виды, распространение которых в Самарской области требует дополнительного изучения.

Отображение физико-географических районов в пространстве двух главных компонент с учетом встречаемости видов семейства *Poaceae* (рис. 51) подтверждает внутрирегиональные особенности.

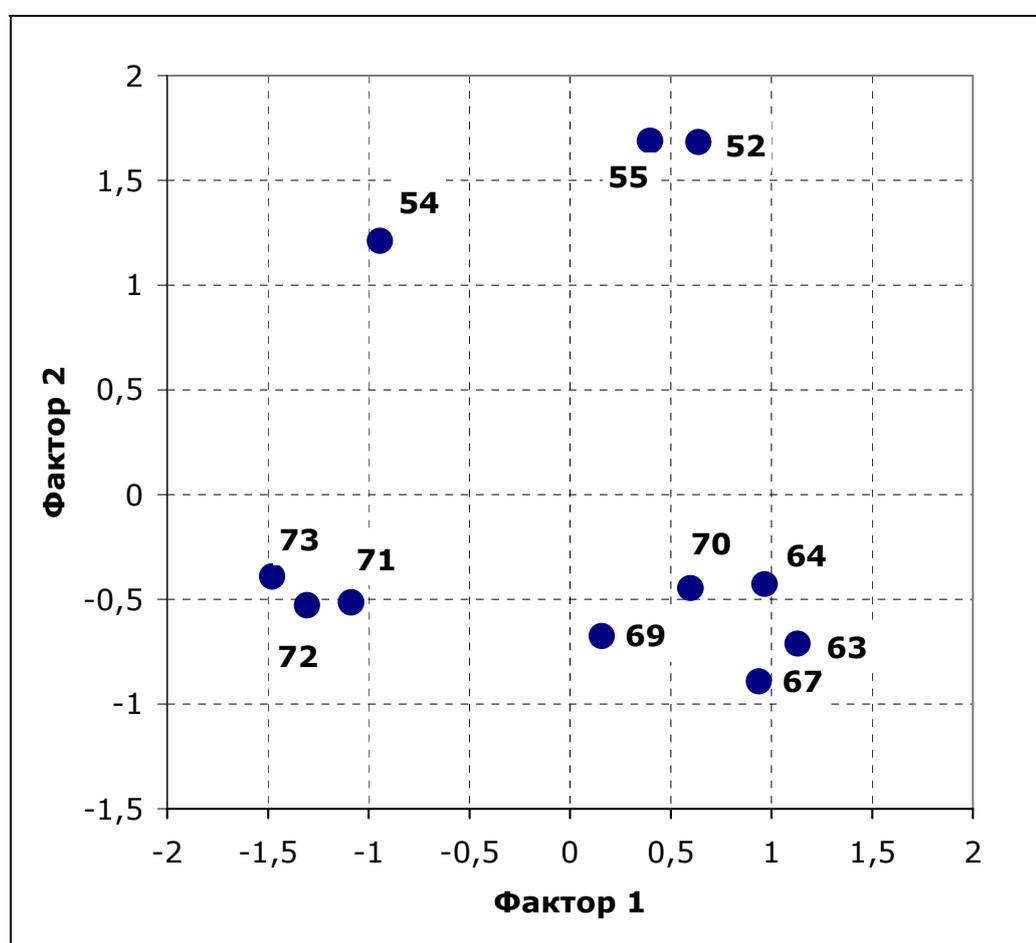


Рис. 51. Физико-географические районы в пространстве двух главных компонент по видовому составу семейства *Poaceae*

Эти особенности связаны в первую очередь с принадлежностью к природно-климатическим зонам (степная и лесостепная), а также со спецификой природных условий и экологических особенностей Правобережной части Самарской области.

Таким образом, оценка семейства *Poaceae* в Самарской области с использованием методов анализа ЭИС REGION показывает особенности эколого-ценотической приуроченности видов и их распространение.

3.1.2.3. Оценка состояния территории по видовому составу семейства *Cyperaceae*

Представители семейства сытевых (*Cyperaceae*) играют заметную роль в сложении растительного покрова Самарской области. Это семейство входит в десятку ведущих по числу видов, а также содержит крупнейший род для флоры Самарской области – род *Carex*. Экология видов семейства *Cyperaceae* своеобразна. В первую очередь виды этого таксона широко представлены в сообществах болот, сырых лугов, берегов водоемов и водотоков. Менее разнообразны в видовом отношении, но активны в сложении фитоценозов лесные и степные виды рода *Carex*.

Распределение видов по физико-географическим районам представлено в таблице 17. Разнообразие представителей этого семейства уменьшается в южных степных районах и достигает своих максимальных значений в северных. Всплеск разнообразия сытевых отмечен в Правобережье – Свияго-Усинском и Жигулевском районах, в Левобережье – Сокском и Самаро-Кинельском, характеризующихся экотонным положением и большим разнообразием эколого-ценотических условий.

Эколого-ценотические спектры семейства *Cyperaceae* (рис. 52) показывают индивидуальные черты районов. Это свидетельствует об экологической пластичности данного семейства, виды которого занимают в пространстве различные экотопы. Наибольшее число видов относится к водной и околовод-

ной эколого-ценотической группе. Второе место занимают виды-представители луговой, на третьем – лесной и на последнем – степной ЭЦГ.

Таким образом, отчетливо прослеживается зависимость разнообразия от степени увлажнения почвы.

Таблица 17.

Количество видов *Cyperaceae* по физико-географическим районам Самарской области

Наименование района		Кол. видов
<i>Лесостепная зона</i>		
Лесостепная провинция Приволжской возвышенности	Свияго-Усинский (52)	61
	Южно-Сызранский (54)	34
	Жигулевский (55)	53
Лесостепная провинция Низменного Заволжья	Кондурчинский (63)	33
	Мелекесско-Ставропольский (64)	41
Лесостепная провинция Высокого Заволжья	Бугульминский (67)	39
	Сокский (69)	59
	Самаро-Кинельский (70)	50
<i>Степная зона</i>		
Степная провинция Низменного и Сыртового Заволжья	Чагринский (71)	36
	Сыртовый (72)	31
	Иргизский (73)	32

Полученные показатели видового разнообразия семейства *Cyperaceae* Самарской области (рис. 53) подчеркивают особенности распределения представителей этого семейства, которые объясняются географической зональностью, экотонным эффектом и корреляцией с гидротермическим коэффициентом.

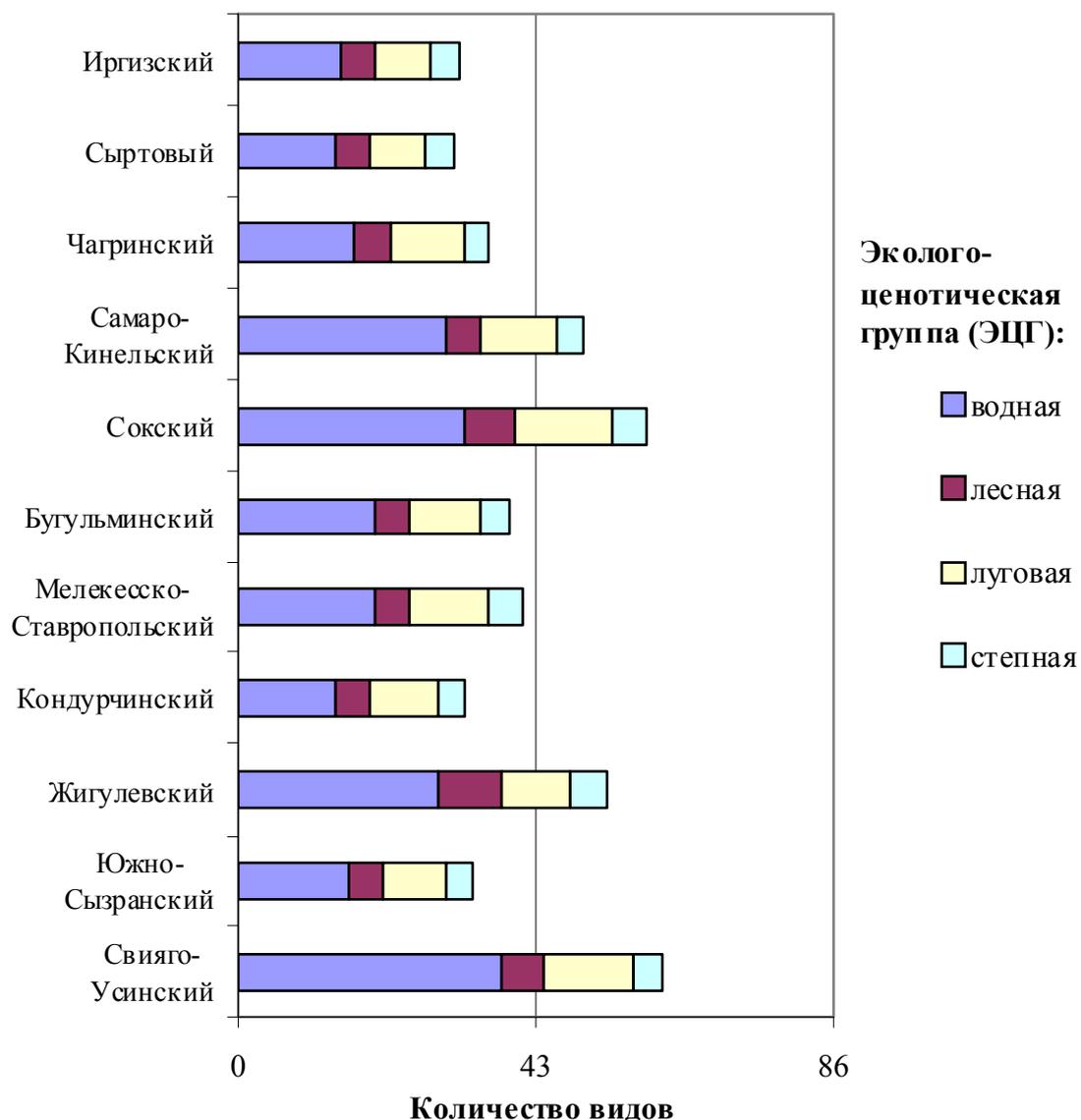
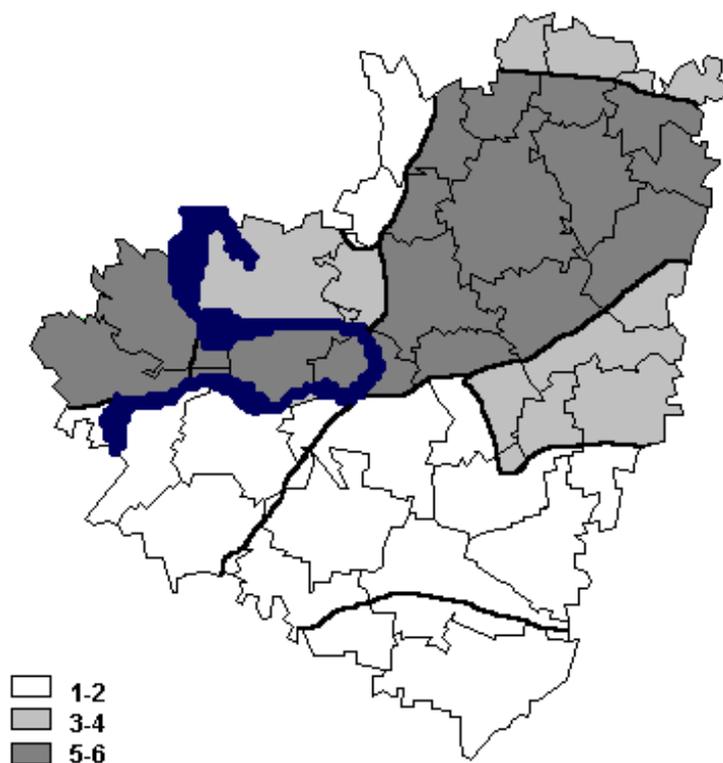


Рис. 52. Распределение количества видов семейства *Cyperaceae* с учетом ЭЦГ

Наиболее высоким разнообразием отличаются Сокский, Жигулевский и Свияго-Усинский физико-географические районы. В их состав входят редкие уникальные природные комплексы (памятники природы): озеро Молочка, Рачейский бор (Моховое, Узилово болота) и др. Южные физико-географические районы отличаются низким разнообразием семейства *Cyperaceae*.



1-2 – низкое; 3-4 – среднее; 5-6 – высокое

Рис. 53. Видовое разнообразие (индекс Шеннона-Уивера) семейства *Cyperaceae*

3.1.3. Оценка состояния территории по видовому составу пресмыкающихся

На территории Самарской области достоверно обитают 11 видов пресмыкающихся (Бакиев и др., 2002, 2004). Количество видов по физико-географическим районам представлены в таблице 18. В базу данных ИЭС REGION были включены значения встречаемости по каждому виду в виде балльной оценки (0 – по-видимому, отсутствует; 1 – крайне редок; 2 – редок; 3 – изредка; 4 – нередко).

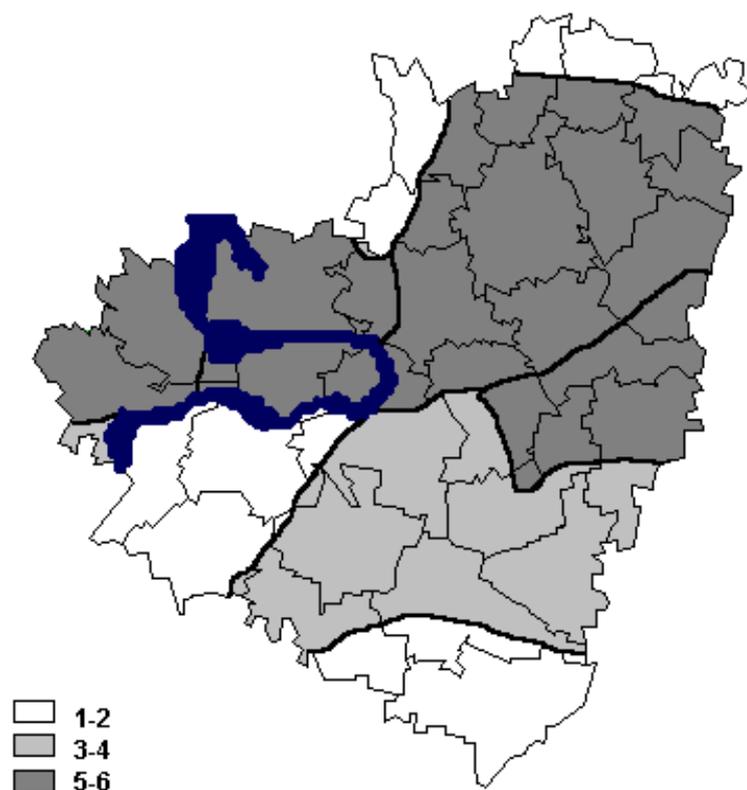
Полученные величины показателей видового разнообразия свидетельствуют о высоком уровне разнообразия в Жигулевском и Сокском физико-географических районах и низком – в Чагринском и Бугульминском.

Таблица 18.

Количество видов пресмыкающихся по физико-географическим районам Самарской области

Наименование района		Кол. видов
<i>Лесостепная зона</i>		
Лесостепная провинция Приволжской возвышенности	Свияго-Усинский (52)	10
	Южно-Сызранский (54)	5
	Жигулевский (55)	9
Лесостепная провинция Низменного Заволжья	Кондурчинский (63)	5
	Мелекесско-Ставропольский (64)	8
Лесостепная провинция Высокого Заволжья	Бугульминский (67)	4
	Сокский (69)	10
	Самаро-Кинельский (70)	9
<i>Степная зона</i>		
Степная провинция Низменного и Сыртового Заволжья	Чагринский (71)	4
	Сыртовый (72)	5
	Иргизский (73)	4

Пространственное распределение видового разнообразия пресмыкающихся по индексу Шеннона-Уивера представлено на рисунке 54. Высокими значениями наряду с Жигулевским и Сокским районами обладает Свияго-Усинский район, что связано с его биотопическим разнообразием. Низкие значения Чагринского и Бугульминского районов объясняются недостаточной изученностью.



1-2 – низкое; 3-4 – среднее; 5-6 – высокое

Рис. 54. Видовое разнообразие (индекс Шеннона-Уивера) пресмыкающихся (Розенберг и др., 2005)

3.1.4. Оценка состояния территории по видовому составу орнито-фауны

В Самарской области зарегистрировано 285 видов птиц, из которых 41 вид внесен в Красную книгу Российской Федерации (Лебедева, Пантелеев, 1999, 2000 и др.). При этом 190-195 видов гнездятся на территории области, а остальные являются пролетными и залетными.

На территории области выделено 8 ключевых орнитологических территорий (КОТР) международного значения. Ключевая орнитологическая территория создает подобие каркаса ареала, сохранив который, можно обеспечить целостность популяции вида даже в условиях антропогенных преобразований

на большей части его ареала. Видовое разнообразие определяет существенную роль птиц как компонента природных и искусственных экосистем (защита растений от насекомых-вредителей, мышевидных грызунов). Некоторые виды имеют охотничье-промысловое значение. Орнитофауна является наиболее мобильным компонентом экосистемы, поэтому логично предположить, что они быстрее реагируют на возникшие изменения окружающей среды.

Нами были рассмотрено 184 вида птиц (табл. 19 и рис. 55), постоянно обитающих в Самарской области (включая и перелетные виды).

Для оценки состояния по комплексу видов каждому из 184 видов в соответствующем районе было присвоено значение из дискретной шкалы {0, 1, 2, 3, 4, 5}. Учитывалось количество особей на единицу пересчета (Кузякин, 1962), где: 0 – не встречается, 1 – очень редок (менее 0,1), 2 – редкий вид (0,1-0,9), 3 – обычный вид (1-9), 4 – многочисленный вид (10-99), 5 – весьма многочисленный вид (100 и более).

Таблица 19.

Количество видов птиц по физико-географическим районам Самарской области

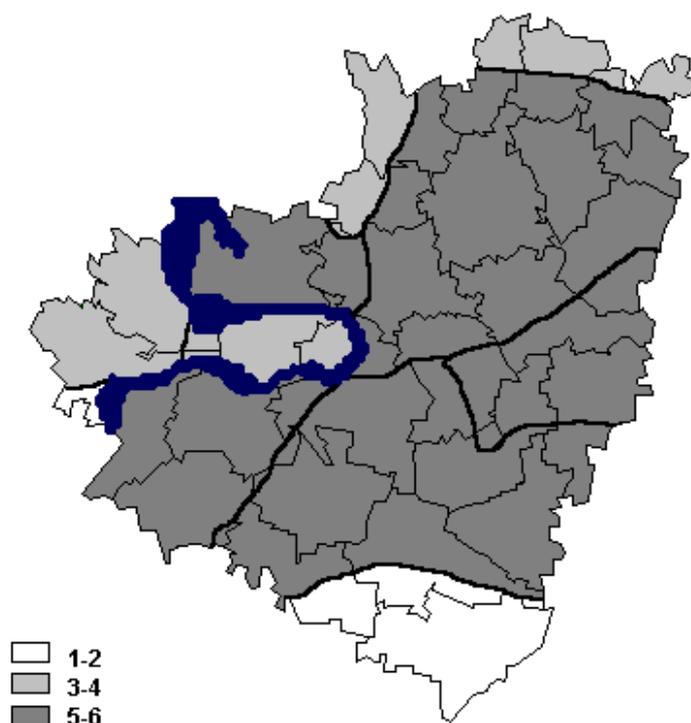
Наименование района		Кол. видов
<i>Лесостепная зона</i>		
Лесостепная провинция Приволжской возвышенности	Свияго-Усинский (52)	132
	Южно-Сызранский (54)	107
	Жигулевский (55)	135
Лесостепная провинция Низменного Заволжья	Кондурчинский (63)	128
	Мелекесско-Ставропольский (64)	161
Лесостепная провинция Высокого Заволжья	Бугульминский (67)	131
	Сокский (69)	147
	Самаро-Кинельский (70)	151
<i>Степная зона</i>		
Степная провинция Низменного и Сыртового Заволжья	Чагринский (71)	151
	Сыртовый (72)	153
	Иргизский (73)	92



Рис. 51. Распределение по районам количества видов птиц по отношению к общему числу видов, %

На основе введенной в базу данных информации получены показатели видового разнообразия (рис. 56). Наибольшим видовым разнообразием отличаются районы левобережья с высоким процентом лесистости и наличием значительных площадей пойменных биотопов. Для Мелекесско-Ставропольского района существенный вклад в разнообразие населения птиц также вносят искусственные водные объекты в районе Сусканского залива (рыборазводные пруды, имеющие значение как КОТР). Районы Правобережья

в силу низкой обводненности менее представлены водными и околоводными видами птиц и в меньшей степени выделяются видовым разнообразием.



1-2 – низкое; 3-4 – среднее; 5-6 – высокое

Рис. 56. Видовое разнообразие птиц (индекс Шеннона-Уивера) Самарской области

Уменьшение значения происходит по градиенту от физико-географической границы в сторону степной зоны (Чагринский район выделяется за счет видового разнообразия обширных пойменных биотопов). Наименьшие значения получили районы Левобережья и Правобережья с высокой степенью аридности и распаханности территории. Обособленное положение занимает Иргизский район, который характеризуется типичным степным ландшафтом и, соответственно, имеет низкое видовое разнообразие птиц. Чагринский и Сыртовский районы характеризуются более высоким биотопическим разнообразием, включающим, помимо степных биотопов, еще и пойменные. Высокое видовое богатство обусловлено разнообразием ландшафтов,

находящихся на границе физико-географических районов. Популяции многих видов находятся на границе ареала и поэтому встречаются только в отдельных районах или спорадично.

Основными факторами, угрожающими существованию птиц Самарской области, являются: разрушение и антропогенная трансформация мест обитания птиц, интенсивное хозяйственное использование лесов, загрязнение водоемов органическими веществами и химическими реагентами.

Комплексный показатель, учитывающий встречаемость видов птиц, приуроченных к лесным и степным биотопам, уменьшается с севера на юг и отражает природные условия физико-географических зон (рис. 57а). Комплексный показатель, характеризующий состояние водных и околоводных экотопов, имеет минимальное значение для Жигулевского и Южно-Сызранского физико-географических районов (рис. 57б). Эти районы характеризуются низкой обводненностью. Остальные районы имеют более развитую речную сеть с водоемами естественного и искусственного происхождения.

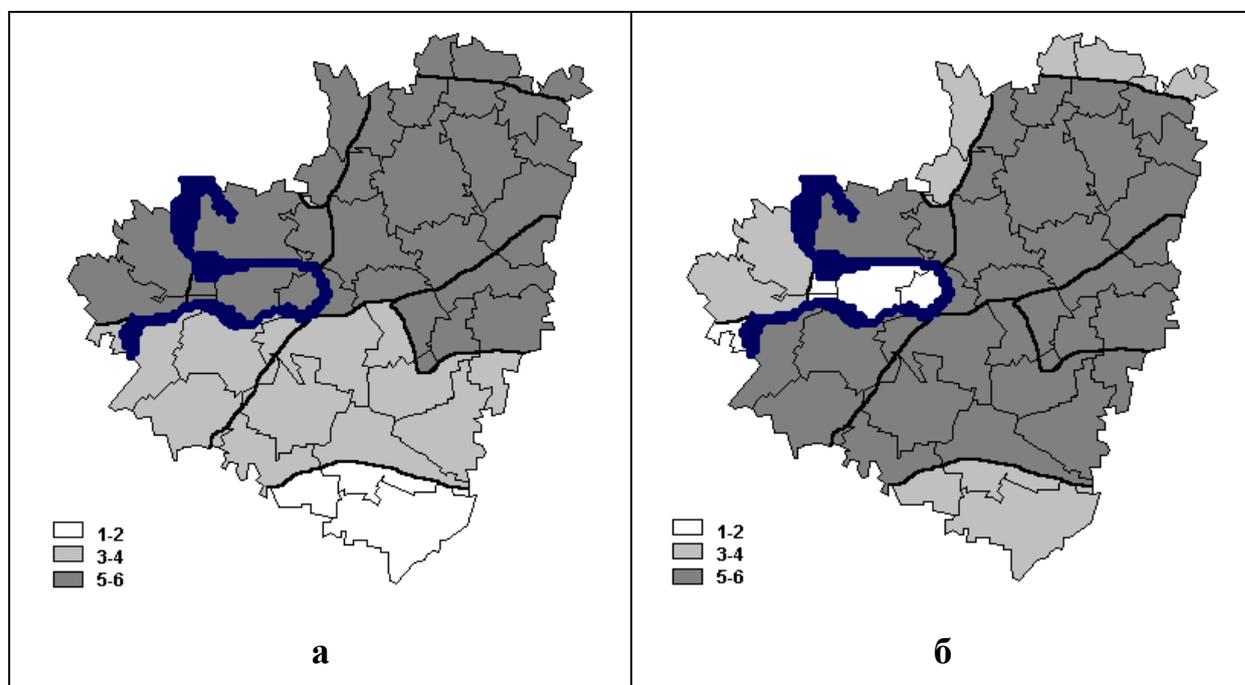


Рис. 57. Комплексный показатель оценки состояния орнитофауны по биотопам: **а** – лесные и степные, **б** – водные и околоводные

3.1.5. Оценка состояния территории по видовому составу млекопитающих

Млекопитающие являются важным компонентом экосистем. Вместе с птицами и насекомыми они составляют верхние звенья цепей питания. Среди зверей Самарской области, занимающих разные среды обитания, имеются древесные формы (белка обыкновенная, соня-полчек и др.), полуводные (выхухоль русская, бобр обыкновенный, ондатра), подземные (крот европейский, слепушонка обыкновенная). Однако большинство млекопитающих ведут наземный образ жизни.

Современная териофауна Самарской области представлена 74 видами млекопитающих, которые распределены по 6 отрядам. Подавляющее число видов региона представлено широкоареальными формами. В лесных сообществах доминируют животные, типичные для европейских широколиственных лесов. Количество видов млекопитающих по физико-географическим районам представлено в таблице 20, а доли видов по отношению к общему числу видов – на рисунке 58.

Таблица 20.

Количество видов млекопитающих
по физико-географическим районам Самарской области

Наименование района		Кол. видов
<i>Лесостепная зона</i>		
Лесостепная провинция Приволжской возвышенности	Свияго-Усинский (52)	60
	Южно-Сызранский (54)	40
	Жигулевский (55)	62
Лесостепная провинция Низменного Заволжья	Кондурчинский (63)	34
	Мелекесско-Ставропольский (64)	58
Лесостепная провинция Высокого Заволжья	Бугульминский (67)	47
	Сокский (69)	56
	Самаро-Кинельский (70)	56
<i>Степная зона</i>		
Степная провинция Низменного и Сыртового Заволжья	Чагринский (71)	52
	Сыртовый (72)	55
	Иргизский (73)	38

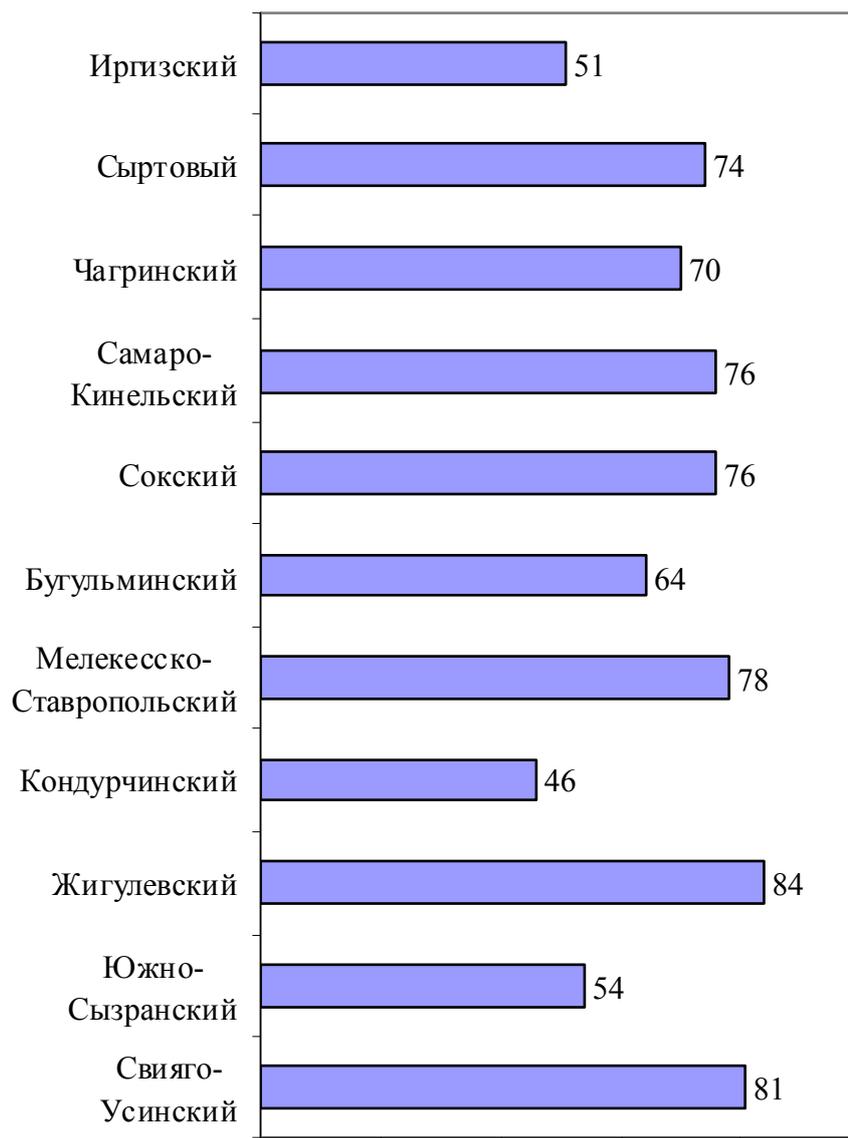


Рис. 58. Распределение количества видов млекопитающих по отношению к общему числу видов, %

Для оценки состояния территории каждому из 74 видов было присвоено значение из дискретной шкалы {0, 1, 2, 3, 4, 5}, где 0 – не встречается, 1 – крайне редок, 2 – редкий вид, 3 – обычный вид, 4 – многочисленный вид, 5 – очень многочисленный вид.

Получены показатели видового разнообразия (рис. 59). Наибольшее значение имеет Жигулевский район, на территории которого расположен Жигулевский заповедник и национальный парк «Самарская Лука». Наименьшие

значения получили Иргизский, Южно-Сызранский и Кондурчинский районы. Иргизский район характеризуется высокой степенью распаханности территории и присутствием видов млекопитающих, характерных только для степной зоны. Сызранский район обеднен лесными видами, а Кондурчинский имеет низкий показатель в силу слабой изученности териофауны.

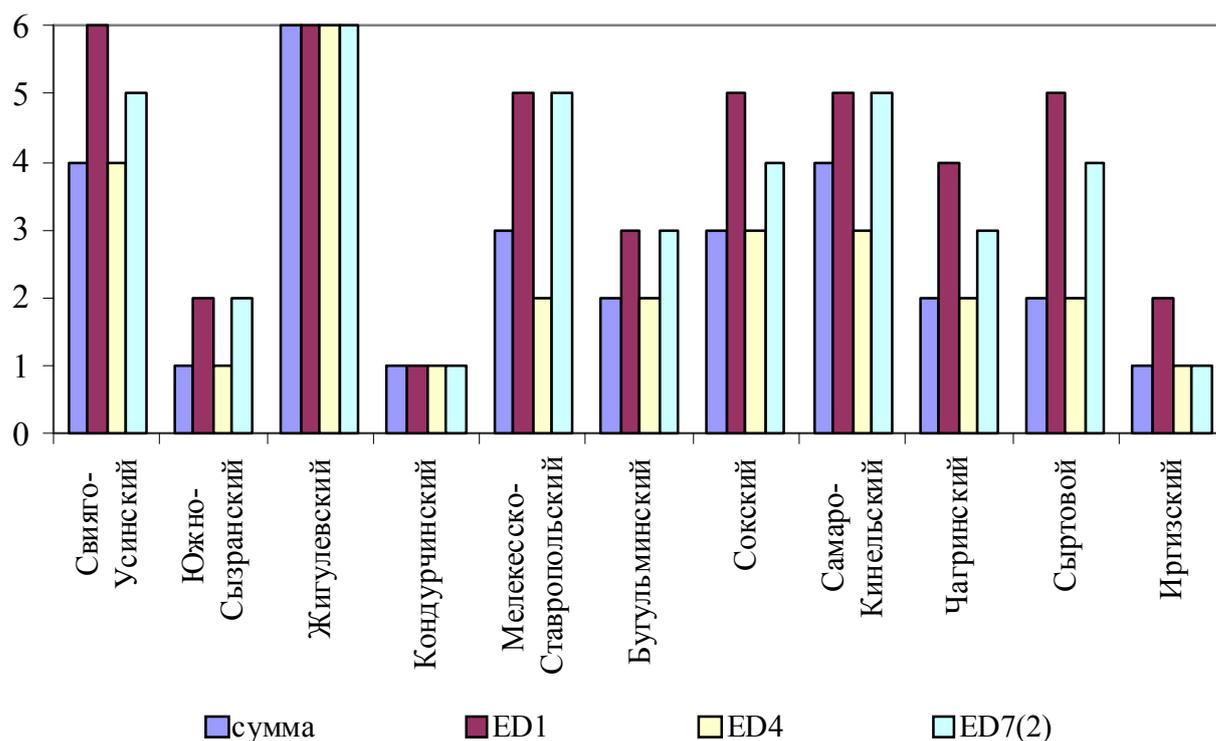
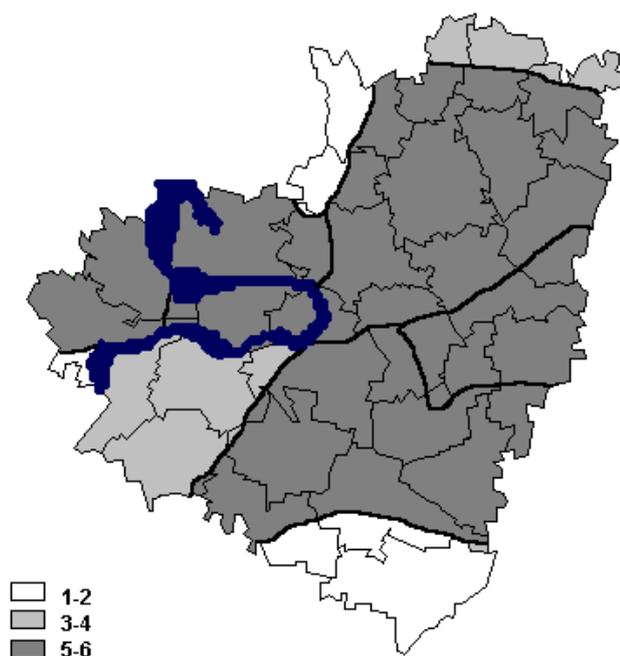


Рис. 59. Видовое разнообразие млекопитающих: ED1 – индекс Шеннона-Уивера; ED4 - индекс Макинтоша; ED7(2) - обратная величина индекса Симпсона, баллы

Пространственное распределение видового разнообразия млекопитающих Самарской области по индексу Шеннона представлено на рисунке 60. По комплексу из 74 видов млекопитающих вычислена по евклидовой метрике мера удаленности от Жигулевского района (рис. 61).



1-2 – низкое; 3-4 – среднее; 5-6 – высокое

Рис. 60. Видовое разнообразие млекопитающих



Рис. 61. Мера удаленности (евклидова метрика) от Жигулевского физико-географического района по комплексу 74 видов млекопитающих

3.2. Выявление тенденций изменения биоразнообразия под воздействием антропогенных факторов

Анализ факторов, влияющих на компоненты экосистем Самарской области, проводился с помощью построения регрессионных уравнений с учетом достоверности. Синтезирование моделей производилось на основе пространственного распределения полученных значений биоразнообразия и имеющегося в БД REGION набора показателей, характеризующих природные и антропогенные факторы окружающей среды. Использовались, в том числе, и комплексные показатели (Экологическая ситуация..., 1994).

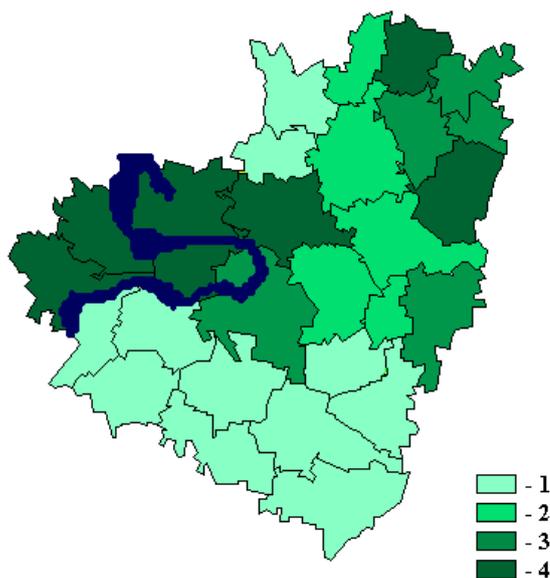
Для характеристики природной составляющей были взяты некоторые климатические характеристики (сумма температур за теплый период, годовая сумма осадков, среднемесячная температура в январе и июле, сумма осадков в зимний и летний периоды), распределение лесистости (рис. 62) и др.

В качестве основных характеристик, отражающих антропогенное воздействие, учитывалось пространственное распределение следующих показателей:

— плотность населения (рис. 63). По значению этого показателя можно косвенно судить о воздействии на экосистемы, о степени промышленной и сельскохозяйственной нагрузок и связанных с ними уровнях загрязнения (атмосферы, воды, почвы);

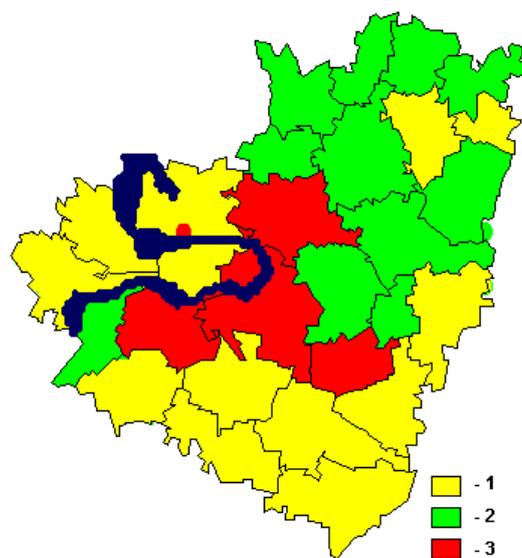
— процент распаханности земель, процент сельскохозяйственных угодий, включая пашню, сенокосы, луга (рис. 64);

— обобщенная сельскохозяйственная нагрузка (рис. 65), включающая животноводческую и пестицидную нагрузки, воздействие эрозионных процессов, «вынос» элементов питания с урожаем, площади сельскохозяйственных угодий и др. (включает 8 исходных показателей);



1 – до 7; 2 – от 7 до 13;
3 – от 13 до 19; 4 – более 19

Рис. 62. Лесистость, %



1 – до 14,5; 2 – от 14,5 до 22;
3 – более 22

Рис. 63. Плотность населения,
чел./км²

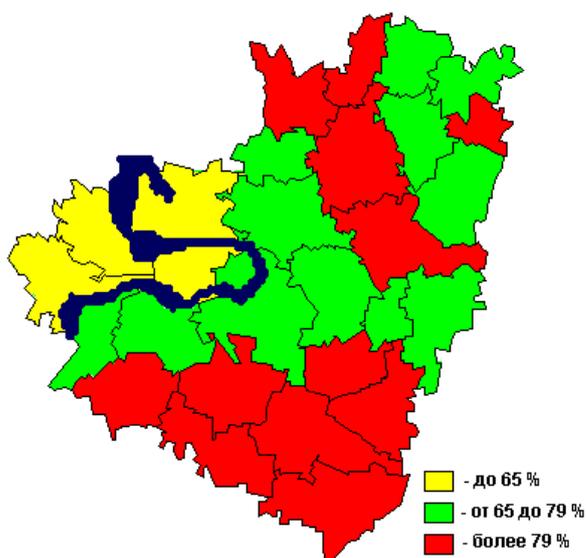
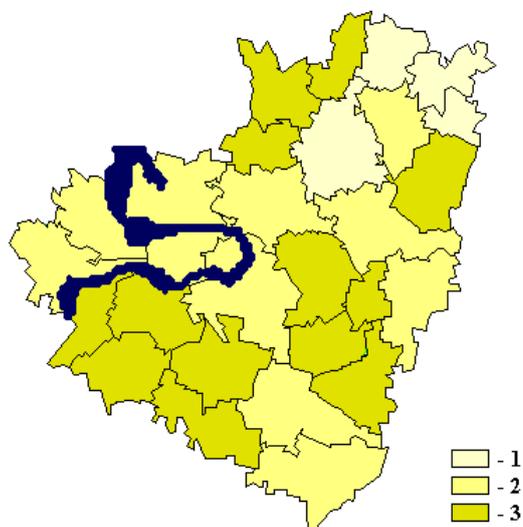


Рис. 64. Сельскохозяйственные угодья (пашня, сенокосы, луга), %

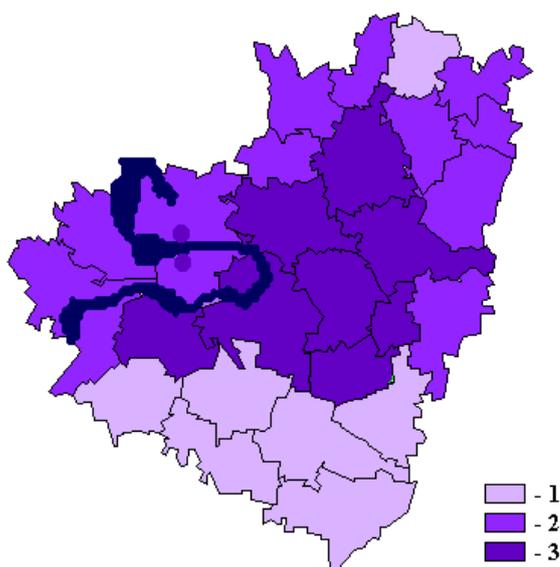


1 – низкая; 3 – высокая

Рис. 65. Обобщенная сельскохозяйственная нагрузка, баллы

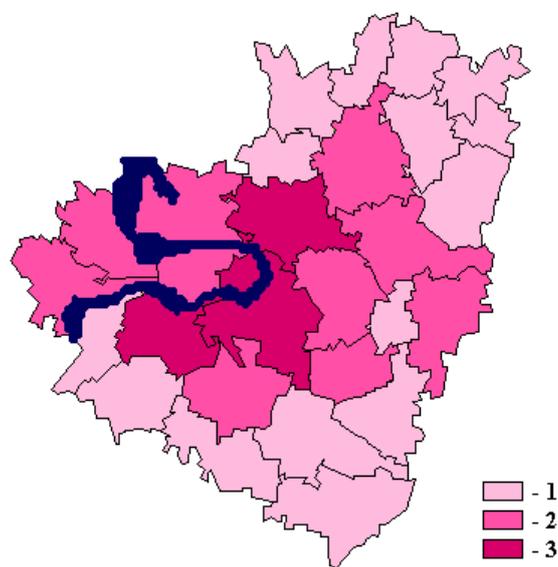
— обобщенная оценка загрязнения атмосферного воздуха, основанная на синтезе нескольких параметров: пространственной организации промышленности, обобщенной оценки энергетической нагрузки, загрязнение воздуха отдельными предприятиями, обобщенной транспортной нагрузки (рис. 66);

— обобщенный показатель рекреационной нагрузки, учитывающий количество домов и баз отдыха, турбаз, курортов, санаториев, детских оздоровительных и спортивных лагерей, количество рекреантов, побывавших на отдыхе в домах отдыха и др., плотность населения, плотность личного автотранспорта, плотность туристических и экскурсионных маршрутов (рис. 67) и др.



1 – низкое; 3 – высокое

Рис. 66. Обобщенная оценка загрязнения атмосферы, баллы



1 – низкий; 3 – высокий

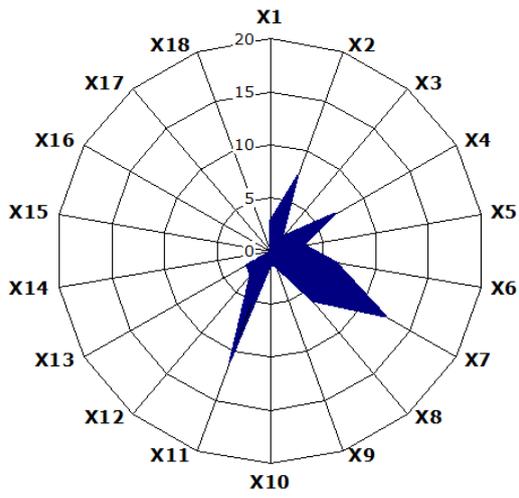
Рис. 67. Комплексный показатель рекреационной нагрузки, баллы

Все вышеперечисленные комплексные показатели имеют привязку к территориально-административному делению территории, что связано с особенностью исходных показателей, основанных в основном на данных официальной статистической отчетности. При изучении природных биокомпонентов экосистем использовалась привязка к природным «районам», выделенным тем или иным

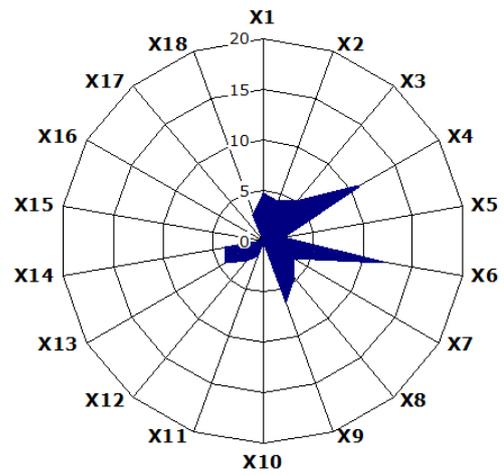
способом. В данном случае в качестве основы послужило физико-географическое районирование Самарской области (Физико-географическое..., 1964). В рамках ЭИС REGION, согласно растровой модели данных, задана однозначная привязка к «участкам» изучаемой территории. Это дало возможность проанализировать пространственное распределение видового разнообразия отдельных компонентов экосистем и получить уравнения множественной линейной регрессии с проверкой существенности влияния исследуемых факторов. В качестве характеристик факторов влияния рассматривались как природные, так и антропогенные показатели (Костина, 2005). Некоторые полученные результаты приведены на рисунке 68, а показатели, используемые в анализе, перечислены в таблице 21.

Наибольший вклад (23,5%) в видовое разнообразие *Poaceae* вносят лесистость и сельскохозяйственные угодья (пашня, луга, сенокосы). Объясняется это тем, что биотопы, в которых встречаются представители *Poaceae*, приурочены к лесным опушкам (преимущественно степные склоны) и различным вариантам открытых сообществ, в настоящее время занятых под сельское хозяйство (сенокосы и выпасы). Однако следует отметить, что эти два фактора можно классифицировать как неблагоприятные для сохранения разнообразия видов этого семейства. Доля лесных опушек в Самарской области невелика и они активно используются под рекреацию. Растительный покров лугов и сенокосов испытывает интенсивный прессинг в результате первыпаса, сенокоса и рекреационной нагрузки.

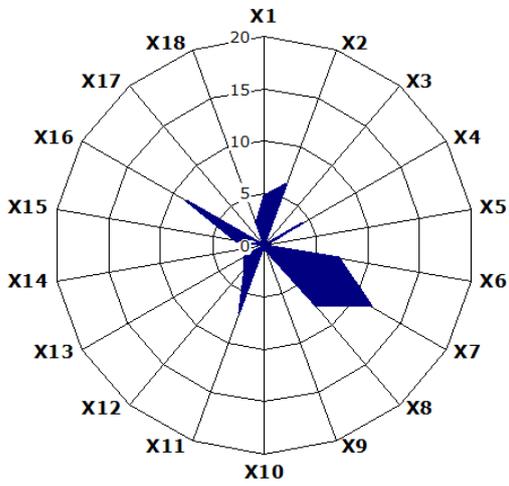
Положительно на видовое разнообразие *Poaceae* влияет глубина эрозионного расчленения рельефа, способствующая формированию разнообразных экологических условий, используемых видами этого семейства в качестве биотопов. Климатические показатели (сумма осадков в зимний и летний период, среднемесячные температуры) увеличивают разнообразие опосредованно, через увеличение разнообразия условий произрастания, отражающиеся в разнообразии биотопов.



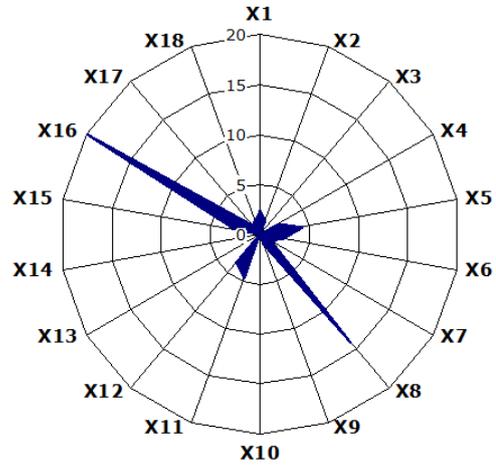
Семейство *Poaceae*



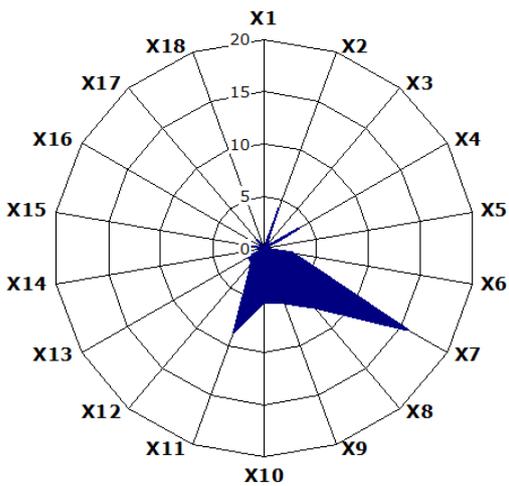
Отдел *Polypodiophyta* (папоротники)



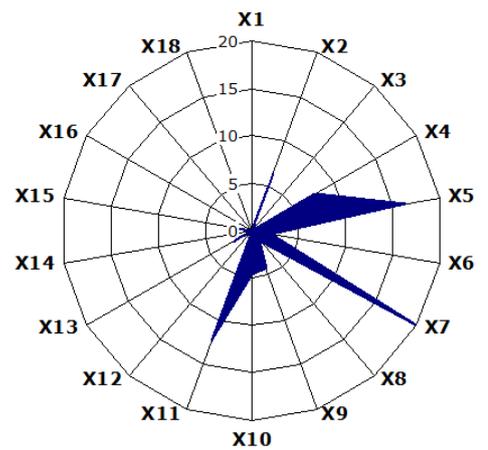
Семейство *Cyperaceae*



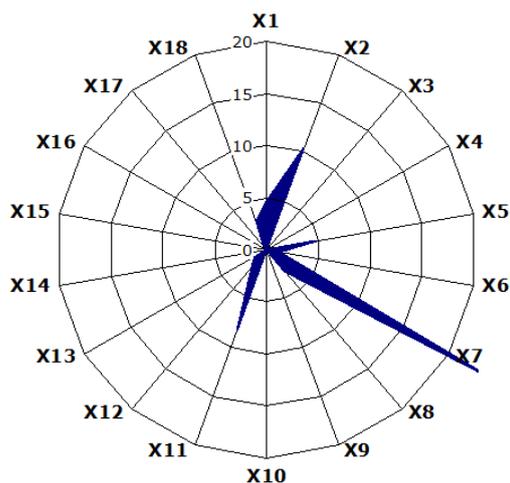
Гадюка Ренарда (*Vipera renardi*)



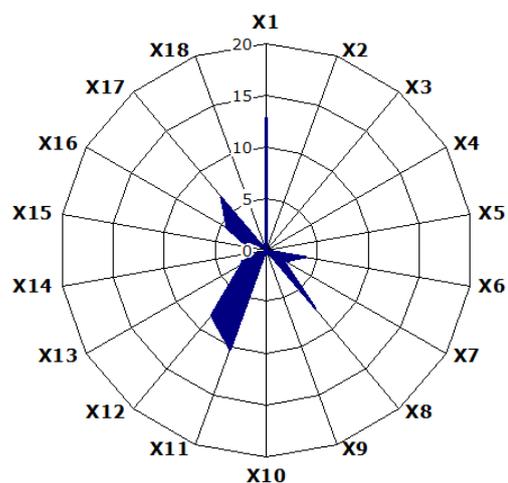
Видовое разнообразие пресмыкающихся



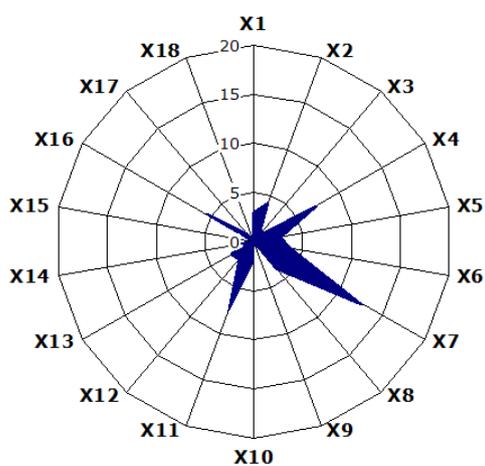
Вальдшнеп (*Scolopax rusticola*)



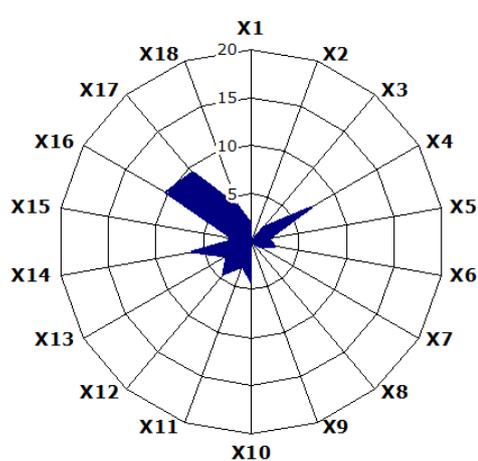
Лесной жаворонок (*Lullula arborea*)



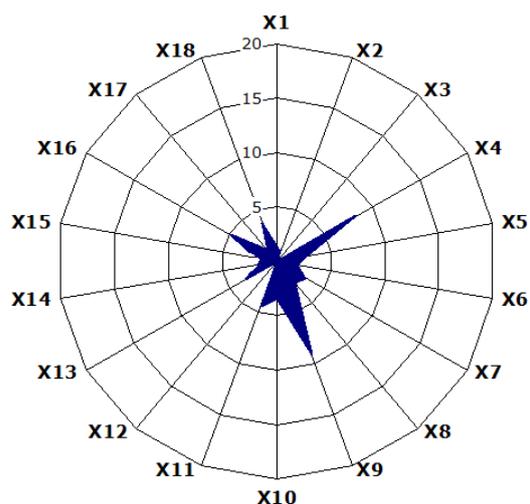
Чирок-трескунок (*Anas querquedula*)



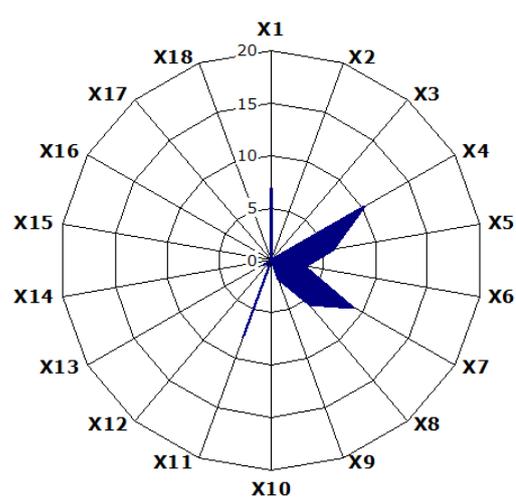
Тетерев (*Lyrurus tetrix*)



Видовое разнообразие птиц



Видовое разнообразие
млекопитающих



Лось (*Alces alces*)

Рис. 68. Удельный вес влияния показателей, %
(обозначения показателей см. табл. 21)

Таблица 21.

Список рассматриваемых факторов

X ₁	Сумма температур за период с t >10° С
X ₂	Осадки, мм
X ₃	Среднесуточная температура в январе, баллы
X ₄	Сумма осадков в зимний период (XI-III), баллы
X ₅	Средняя месячная температура в июле, баллы
X ₆	Сумма осадков за летний период (IV-X), баллы
X ₇	Лесистость, %
X ₈	Относительная глубина эрозионного расчленения (средн.), м
X ₉	Общая рекреационная нагрузка, баллы
X ₁₀	Обобщенная характеристика промышленной нагрузки, баллы
X ₁₁	Доля сельскохозяйственных угодий, %
X ₁₂	Общая сельскохозяйственная нагрузка, баллы
X ₁₃	Ln (2 + ущерб окружающей природной среде (платежи), млн. руб./км ²)
X ₁₄	Общая антропогенная нагрузка, баллы
X ₁₅	Обобщенная оценка загрязнения атмосферного воздуха, баллы
X ₁₆	Агроклиматическое районирование (ГТК)
X ₁₇	Общая пестицидная нагрузка, баллы
X ₁₈	Общая транспортная нагрузка, баллы

Некоторые полученные уравнения (Костина, 2005):

$$I_{\text{Роасеае}} = -9.15 + 0.0013x_1 + 0.008x_2 - 0.42x_3 + 0.32x_4 - 0.15x_5 + 0.28x_6 + 0.078x_7 + 0.013x_8 + 0.036x_9 + 0.1x_{10} + 0.058x_{11} - 0.7x_{12} - 0.42x_{13}$$

$$I_{\text{Суперасеае}} = -11.92 + 0.002x_1 + 0.007x_2 + 0.2x_4 + 0.34x_6 + 0.08x_7 + 0.016x_8 - 0.016x_9 + 0.042x_{11} - 0.067x_{12} - 0.41x_{13} + 0.092x_{15} + 0.52x_{16} + 0.056x_{18}$$

$$I_{\text{пресмыкающиеся}} = -5.21 + x_1 + 0.005x_2 + 0.195x_4 + 0.153x_6 + 0.99x_7 + 0.015x_8 + 0.112x_9 + 0.27x_{10} + 0.049x_{11} - 0.045x_{12} - 0.3x_{13} - 0.67x_{15} - 0.038x_{17}$$

$$I_{\text{млекопитающие}} = -8.46 + 0.0019x_1 + 0.002x_2 + 0.4x_4 + 0.36x_5 + 0.12x_6 + 0.022x_7 + 0.007x_8 + 0.098x_9 + 0.12x_{10} + 0.02x_{11} - 0.58x_{13} + 0.115x_{14} + 0.049x_{15} + 0.43x_{16} + 0.016x_{17} - 0.078x_{18}$$

$$I_{\text{птицы}} = 1.9 - 0.001x_1 - 0.19x_3 + 0.287x_4 + 0.0112x_5 - 0.16x_6 + 0.009x_7 + 0.12x_{10} + 0.014x_{11} + 0.6x_{12} - 0.67x_{13} + 0.27x_{14} + 0.034x_{15} + 0.58x_{16} + 0.058x_{17} - 0.046x_{18}$$

Видовое разнообразие папоротников в большей степени зависит от климатических характеристик, которые косвенно отражают условия произрастания. Осоковые связаны в основном с уровнем лесистости территории и степенью увлажнения почвы.

Гадюка Ренарда *Vipera renardi* (степная гадюка) предпочитает открытые биотопы и смешанные леса. Выбор места обитания обуславливается комплексом условий: степенью влажности биотопа, наличием укрытий (летних и особенно зимних), степенью инсоляции, кормностью местности, наличием факторов беспокойства (Бакиев и др., 2004). Полученная зависимость распространения гадюки от относительной глубины эрозионного расчленения (удельный вес влияния – 14%), гидротермического коэффициента (20%) подтверждает мнения исследователей.

Видовое разнообразие пресмыкающихся в Самарской области в большей степени зависит от лесистости и доли сельскохозяйственных угодий.

Вальдшнеп (*Scolopax rusticola*) является типичным обитателем лесных биотопов со стабильно высокой численностью и имеет охотничье-промысловое значение. Определяющим фактором в распределении вида является лесистость территории (20%). Доля сельскохозяйственных угодий, включающих пашню, луга и сенокосы, оказывает положительное влияние (удельный вес – 12%), что связано с наличием лугов и прогалин для токования

вальдшнепа. Среднемесячная температура в июле и количество осадков косвенно характеризуют аридность климата и влагосодержание в почве. Небольшое влияние оказывают рекреационная и промышленная нагрузки (около 9%). Таким образом, при пространственном распределении вида главную роль играют природные условия.

Лесной жаворонок (*Lullula arborea*) является типичным обитателем лесных биотопов с наличием луговин и прогалин. В силу биотопической приуроченности вида доминирующими факторами в распределении численности являются лесистость и доля сельскохозяйственных угодий (удельный вес влияния – более 24% и 8% соответственно). Не менее важную роль играют климатические условия, определяющие аридность: общая сумма осадков (более 10%), сумма температур за период с $t > 10^{\circ}\text{C}$ (более 4%), среднемесячная температура в июле (около 5%).

Чирок-трескунок (*Anas querquedula*) – представитель отряда Гусеобразных (*Anseriformes*) – широко распространенный обитатель водных и околоводных биотопов, имеет охотничье-промысловое значение. Важное значение имеют сумма температур за период с $t > 10^{\circ}\text{C}$ (удельный вес влияния 12,8%) и доля сельскохозяйственных угодий (10%). Последний показатель характеризует наличие лугов различного типа и агроландшафтов. Значительное число водоемов (юго-восток области) расположено в районах с высокой сельскохозяйственной нагрузкой, что создает опосредованную положительную зависимость от этой нагрузки (более 10%), и, соответственно, общей пестицидной нагрузки (более 6%). Влияние относительной глубины эрозионного расчленения также опосредованно связано с низкой обводненностью ландшафтов Приволжской возвышенности. В целом, определяющими факторами состояния вида являются как природные, так и антропогенные составляющие, которые связаны с деятельностью человека – создание прудов, оросительных и очистных систем.

Типичным обитателем лесных и луговых биотопов является тетерев (*Lyrurus tetrix*), имеющий охотничье-промысловое значение. В силу биотопической приуроченности вида, доминирующими факторами в его распределении и численности являются процент лесистости и доля сельскохозяйственных угодий (удельный вес влияния около 13% и 7,5% соответственно). Не менее важную положительную роль играют климатические условия: общая сумма осадков (более 4%), особенно в зимний период (более 7%), что связано с особенностями биологии вида (преобладание в питании растительных кормов и оседлость).

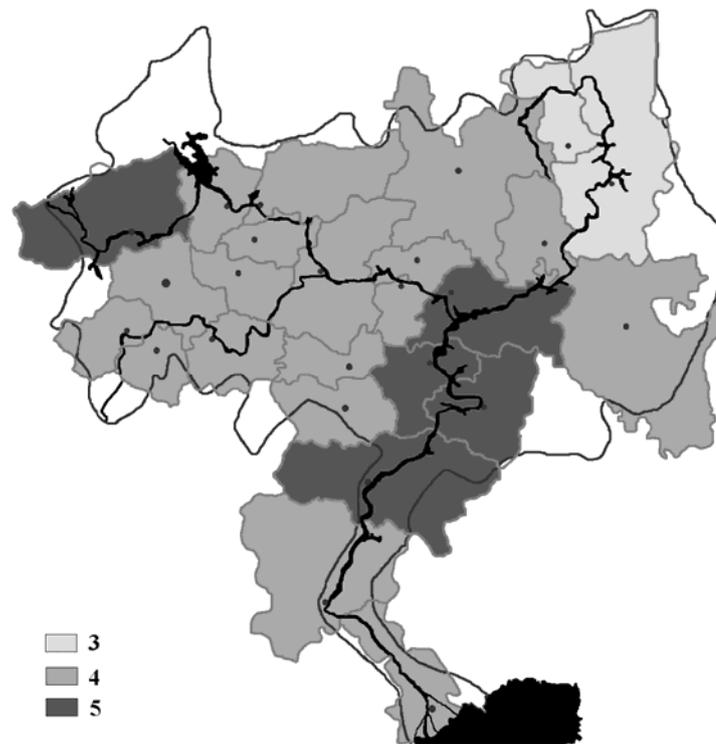
Рассматривая видовое разнообразие птиц (индекс Шеннона-Уивера) по Самарской области, следует отметить, что удельный вес влияния природных факторов имеет меньшее значение (27%), чем антропогенных (36%).

Влияние рассматриваемых природных показателей в видовом разнообразии млекопитающих преобладает над антропогенными параметрами.

Размещение по территории Волжского бассейна такого вида, как лось (*Alces alces*) отражает сложность сочетания биологических и экологических свойств вида, природных и антропогенных факторов (Филонов, 1983).

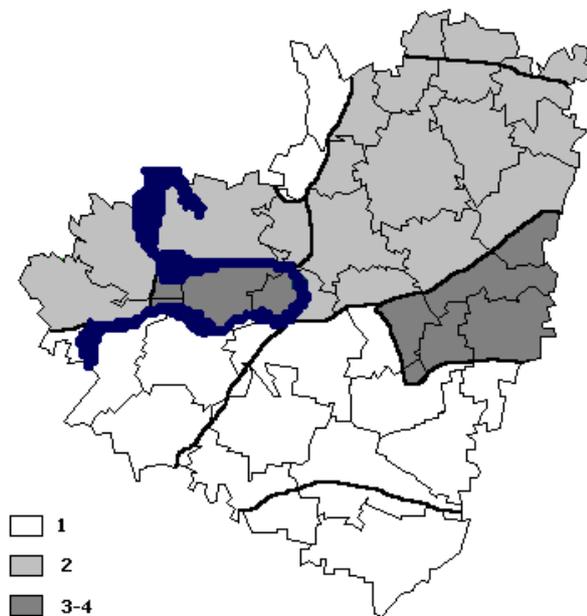
Анализ особенностей распространения лося показывает (рис. 69), что наибольшая плотность приходится не на бореальные, а на смешанные и широколиственные леса, а также на лесостепную зону.

С использованием информации БД ЭИС REGION была проанализирована зависимость распространения лося (рис. 70) от природных параметров и антропогенных факторов на примере Самарской области. Наибольшая встречаемость характерна для территории национального парка «Самарская Лука» и Жигулевского заповедника. В степной зоне Самарской области лось является крайне редким видом.



3 – 1,1-3; 4 – 3,1-5; 5 – 5,1-7 особей на 1000 га

Рис. 69. Плотность лося на территории Волжского бассейна по данным 1976-80 гг. (Филонов, 1983)



1 - крайне редкий; 2 - редкий; 3 - обычный; 4 - многочисленный вид

Рис. 70. Экспертно-балльная оценка встречаемости лося на территории Самарской области

Проведенный анализ влияний различных факторов позволяет сделать определенные выводы о «важности» воздействий на пространственную встречаемость лося. Наибольший вес имеют природные факторы (40,6%), в том числе климатические (26%). Антропогенные факторы играют менее значительную роль (9,8%). Неучтенные (нерассмотренные) факторы составляют 49,5%. Климатические факторы проявляются, прежде всего, косвенно, через растительность. Величина снежного покрова оказывает непосредственное влияние. Рекреационная нагрузка и ущерб, наносимый окружающей природной среде, играют незначительную, но специфическую роль.

Полученные результаты для территории Самарской области показали, что доли влияния природных и антропогенных факторов, выраженных через рассмотренные показатели состояния окружающей среды (табл. 21), на видовое разнообразие (сосудистых растений, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих) различны.

Разнообразие растений в основном определяется природными факторами, а на разнообразие птиц и пресмыкающихся более существенное влияние оказывают антропогенные факторы (табл. 22, рис. 71).

Таблица 22.

Доля влияния факторов на биоразнообразии

Компонент	Природные факторы, %	Антропогенные факторы, %
сем. <i>Poaceae</i>	46,9	19,2
сем. <i>Superaceae</i>	50,3	17,4
отд. <i>Polypodiophyta</i>	46,5	20,9
Птицы	26,8	35,5
Млекопитающие	50,8	12,6
Пресмыкающиеся	33,7	26,1

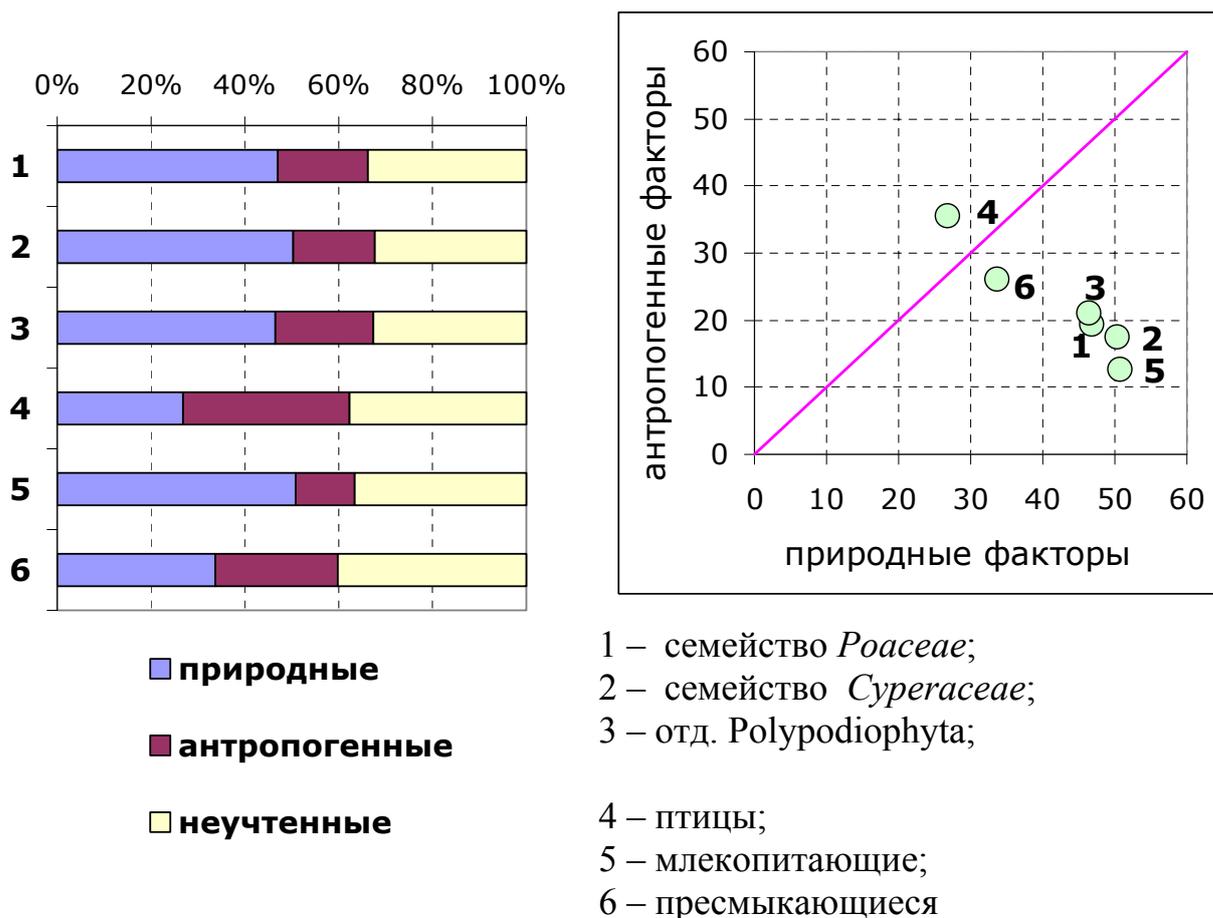


Рис. 71. Влияние групп факторов на видовое разнообразие, %

Полученные уравнения регрессии позволяют «разыгрывать» различные сценарии воздействия на биоразнообразие отдельных составляющих компонент рассматриваемых экосистем (Костина, 2005, 2015).

На рисунке 72 показано, что уменьшение общей сельскохозяйственной (СХ) и рекреационной (Р) нагрузок на 20% каждая, уменьшение ущерба окружающей природной среде (УЩ) – на 14,8 млн. руб./км² (20% по логарифмической шкале) увеличивает среднее значение индекса видового разнообразия (ВР_{ср}) по всей территории Самарской области. Разнообразие видов семейства *Poaceae* увеличивается на 0,26 балла, папоротникообразных – на 1 балл, сытевых (*Cyperaceae*) на – 0,44 балла. Такая «чувствительность» сосудистых растений, испытывающих антропогенный прессинг, вполне объяснима. Сельско-

хозяйственная и рекреационная нагрузки являются факторами, дестабилизирующими естественное равновесие в экосистемах, приводящее к синантропизации растительного покрова, а именно к упрощению таксономической структуры и, как следствие, к сокращению флористического разнообразия папоротникообразных и сытевых. Однако не для всех таксономических групп рекреационная нагрузка является фактором, уменьшающим видовое разнообразие. Например, семейство *Poaceae*, в силу эколого-биологических особенностей, увеличивает свое разнообразие прежде всего за счет внедрения адвентивных и рудеральных видов в растительные сообщества.

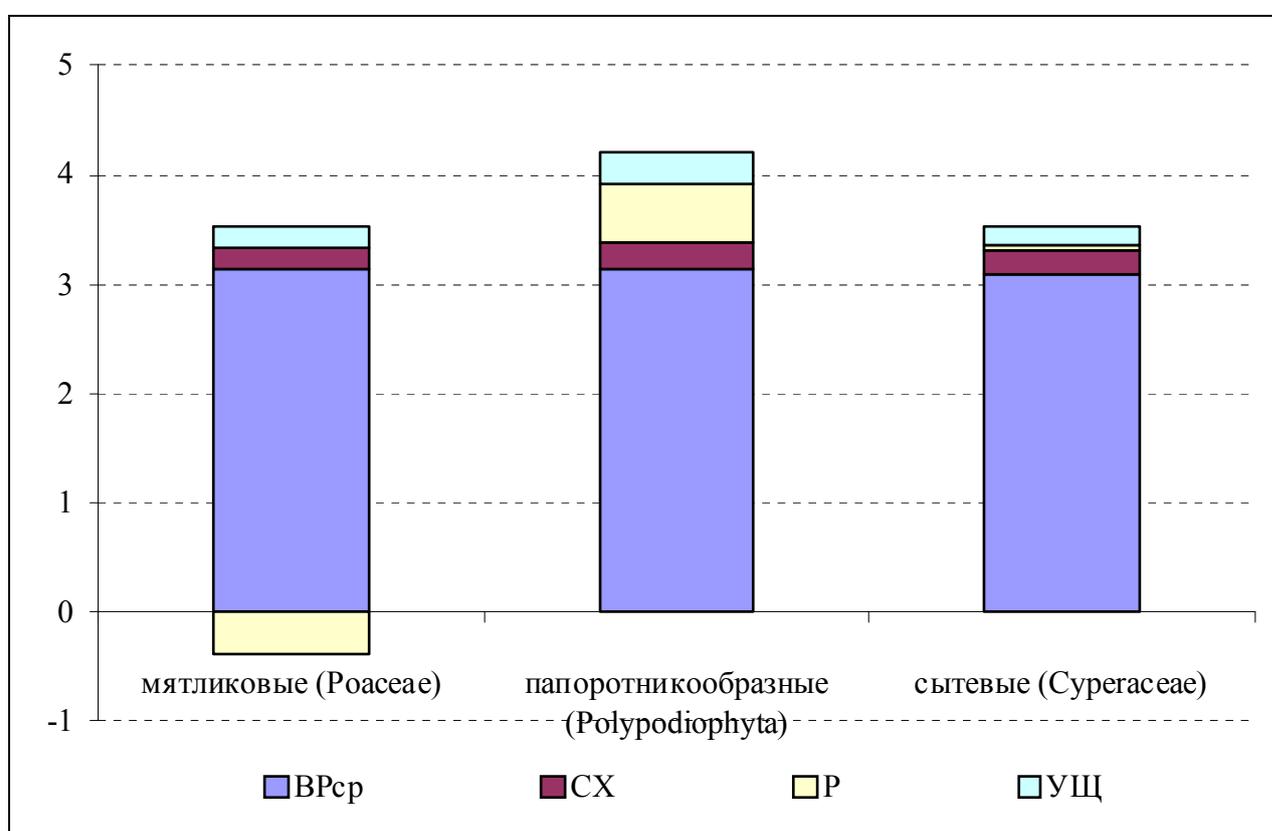


Рис. 72. Изменение индекса видового разнообразия по представителям сосудистых растений (сокращения см. в тексте)

Увеличение среднего значения индекса видового разнообразия (VRcp) пресмыкающихся по рассматриваемой территории на 0,58 балла может произойти с уменьшением пестицидной нагрузки (П), загрязнения атмосферного

воздуха (ЗВ), сельскохозяйственной нагрузки (СХ), ущерба окружающей среде (рис. 73).

Рассмотрев в качестве управляющих воздействий общую транспортную нагрузку (Т) и ущерб окружающей природной среде, получаем увеличение видового разнообразия птиц на 0,46 балла (около 10%) и млекопитающих на 0,23 балла (рис. 74).

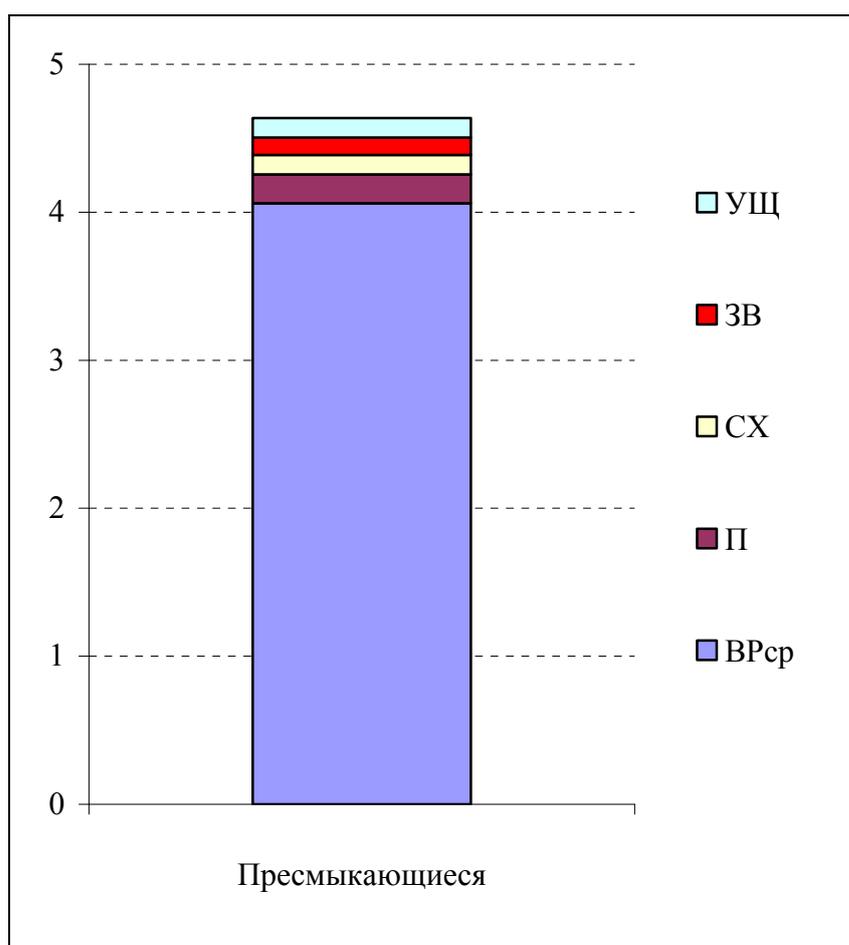


Рис. 73. Изменение индекса видового разнообразия пресмыкающихся при изменении управляющих воздействий

Получаемая интегральная оценка является констатацией фактического сочетания природных (естественных), биологических и антропогенных компонентов на данном отрезке времени. Оптимальное сочетание этих элементов

в рамках допустимого преобразования природной среды является задачей рационального природопользования и устойчивого развития территории.

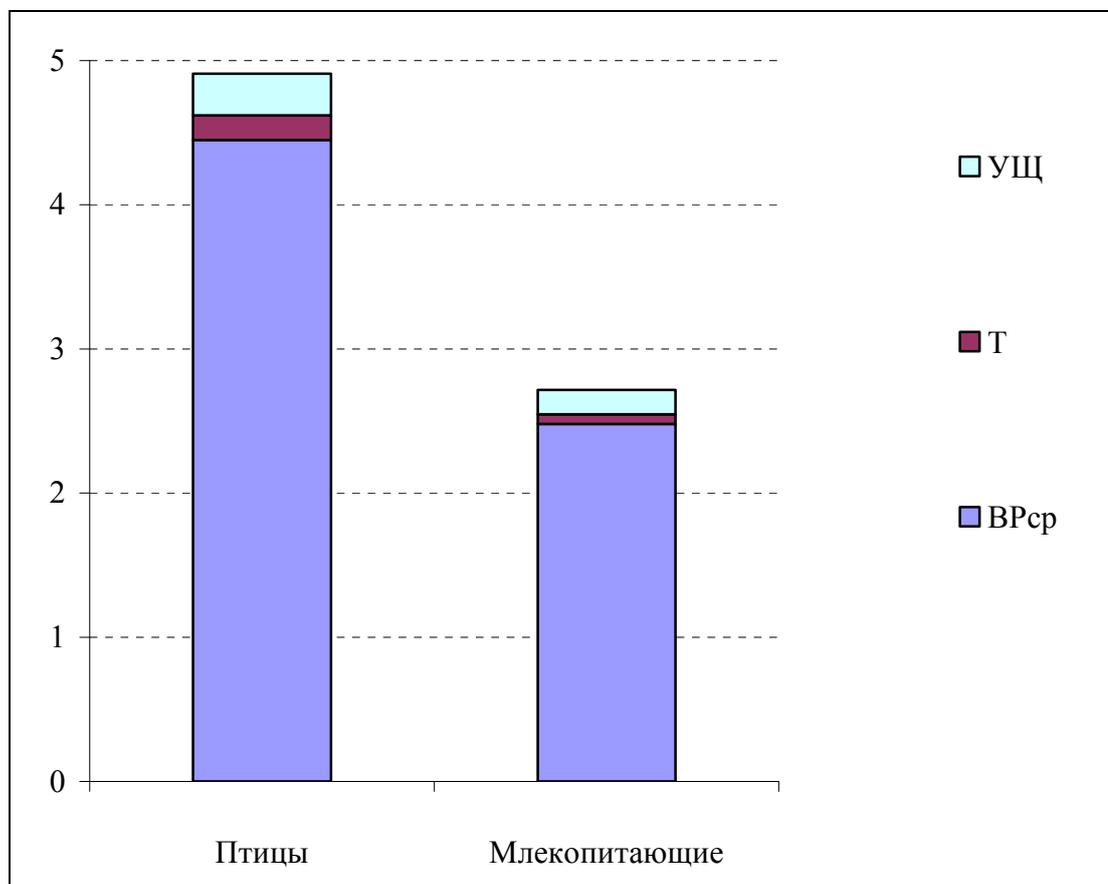


Рис. 74. Изменение индекса видового разнообразия птиц и млекопитающих при изменении управляющих воздействий

Определение степени влияния природных и антропогенных факторов на видовое богатство семейств флоры

Флора любой территории формируется в зависимости от природных факторов (климатические условия, ландшафтные особенности) с учетом флорогенетического развития. На видовой состав оказывает свое влияние и антропогенная нагрузка. Следовательно, состав флоры следует рассматривать как отражение комплексной характеристики всех взаимодействий в совокупности.

Важной составляющей при рассмотрении флористических особенностей является анализ семейственного спектра флоры^{*}. Последовательность ведущих семейств дает возможность проследить как общие признаки флоры, так и частные, индивидуальные свойства, отражающие локальную специфику.

Исследование зависимости местоположения отдельных семейств в головной части семейственного спектра от экологических условий является важной составляющей в изучении изменения видового богатства от природных и антропогенных факторов среды. В этом случае семейственный спектр следует рассматривать как своеобразный «экологический индикатор» состояния окружающей среды.

Проведенный с помощью ЭИС REGION анализ семейственных спектров 27 муниципальных районов Самарской области позволил выявить особенности воздействия природных и антропогенных факторов на видовое обилие семейств: *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Lamiaceae*, *Cyperaceae*, *Scrophulariaceae*, *Apiaceae*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae* и *Caryophyllaceae* (Иванова, Костина, 2016; Иванова и др., 2015).

Ранее было показано, что доля участия семейств в сложении флор зависит от природно-климатических условий (Малышев, 1972) и географического положения с учетом флорогенеза (Толмачев, 1974). Районирование крупных флористических выделов принято проводить по третьему члену семейственного спектра (Клаус, 1852; Хохряков, 2000). Согласно этому делению, флора Самарской области (Саксонов, Сенатор, 2012) принадлежит *Fabaceae*-зоне, территориально располагаясь внутри нее (Иванова, Костина, 2015).

Построение семейственных спектров флоры проводилось на основе имеющейся флористической информации с использованием базы данных FD SUR (Костина М., 2015). База данных FD SUR содержит серию флористических описаний (более 300 описаний локальных участков для Самарской об-

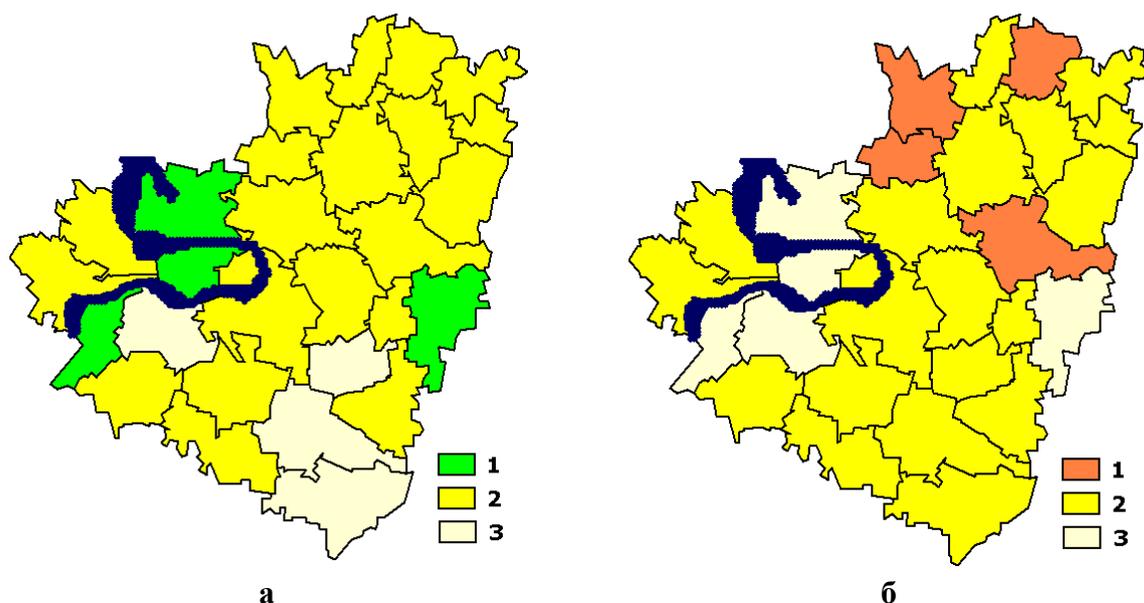
* Семейственный спектр флоры – список семейств, отсортированный по убыванию числа видов (долей или процента содержания) в каждом семействе.

ласти), сделанных в период с 2004 по 2015 гг. сотрудниками лаборатории проблем фиторазнообразия Института экологии Волжского бассейна РАН (Саксонов и др., 2005,2006; Иванова, Васюков, 2009; Иванова и др., 2011 и др.), а также литературные данные (Соловьева, 2007; Кузовенко, Плаксина, 2009, 2010; Ильина, 2012; Сухоруков и др., 2013 и др.). Определение видового богатства семейств проводилось в виде балльной оценки, соответствующей номерам семейств в семейственном спектре. Отметим, что при анализе флоры, основанном на административном делении, следует учитывать, что некоторые муниципальные районы частично охватывают два или более физико-географических района (Физико-географическое ..., 1964), а также находятся на стыке природных зон (степная и лесостепная). Это неизбежно сказывается на видовом составе флоры. В этом случае семейственный спектр имеет некий «смешанный» характер. Однако подход, заключающийся в рассмотрении различий семейственных спектров по административному делению, все же позволяет проанализировать самые общие тенденции зависимости от природных и антропогенных показателей.

Флора Самарской области, которая в целом относится к *Fabaceae*-типу, имеет включения флор *Rosaceae*-типа (рис. 75), демонстрирующие «лесные» черты.

Экологические условия изучаемых территорий формируются под воздействием целого ряда факторов среды, но не все они могут быть достаточно легко отражены в виде числовых показателей. Для анализа была использована информация из официальных источников (Атлас земель..., 2002; Государственный доклад..., 2014) и БД ЭИС REGION, а также соответствующие алгоритмы обработки.

Рассмотренные экологические факторы (табл. 23) условно были поделены на две группы: природные и антропогенные.



а Место в спектре:

1 – 3 место;

2 – 4-5 место;

3 – 6 место и ниже

б Место в спектре:

1 – 2 место;

2 – 3 место;

3 – 4 место и ниже

Рис. 75. Местоположение семейств *Rosaceae* (а) и *Fabaceae* (б) в семейственных спектрах муниципальных районов Самарской области

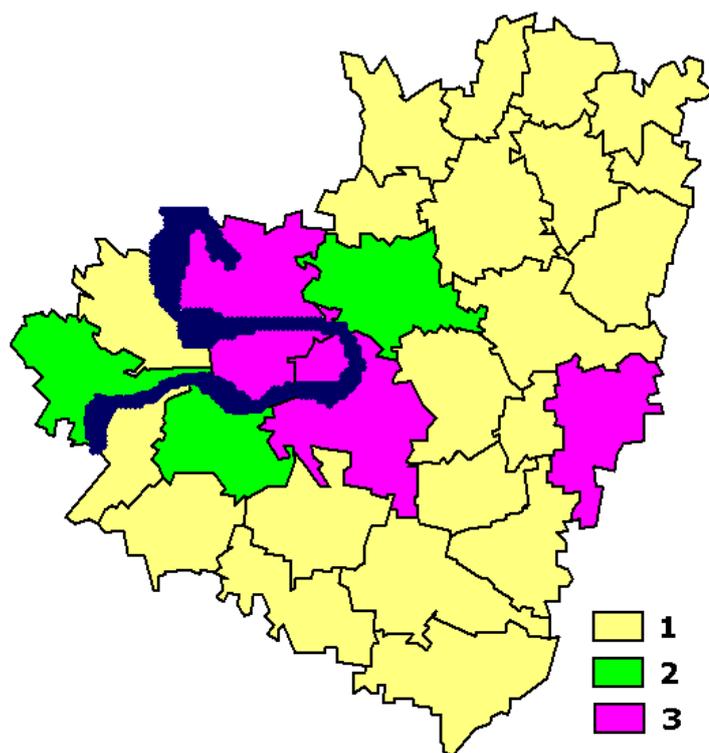
Таблица 23.

Рассмотренные показатели природных и антропогенных факторов среды

№п/п	Наименование показателя
Антропогенные	
1.	Распаханность земель, %
2.	Земли под дорогами, %
3.	Адвентивность флоры, %
4.	Коэффициент трансформации природных ландшафтов
5.	Плотность населения, чел/км ²
Природные	
6.	Сумма t-p за период с t>10°С
7.	Сумма осадков в зимний период (XI-III), мм
8.	Сумма осадков за летний период (VI-X), мм
9.	Лесные земли, %
10.	Засоленные с/х угодья, %
11.	Водные объекты, %
12.	Природные кормовые угодья, %
13.	Глубина залегания подземных вод, м
14.	Густота овражной сети (среднее), км/км ²
15.	Площадь ООПТ, %

Природные показатели отражают элементы влияния природной среды: засоленные сельскохозяйственные угодья – почвы с повышенным содержанием легкорастворимых солей; природные кормовые угодья – земли с природным травостоем, систематически используемые для выпаса скота и заготовки кормов (Атлас земель..., 2002).

Процент площади особо охраняемых природных территорий (ООПТ) для муниципальных районов (рис. 76) был рассчитан на основе данных о площади зарегистрированных памятников природы (Реестр особо..., 2010), а также национального парка «Самарская Лука», Жигулевского заповедника и части территории национального парка «Бузулукский бор».

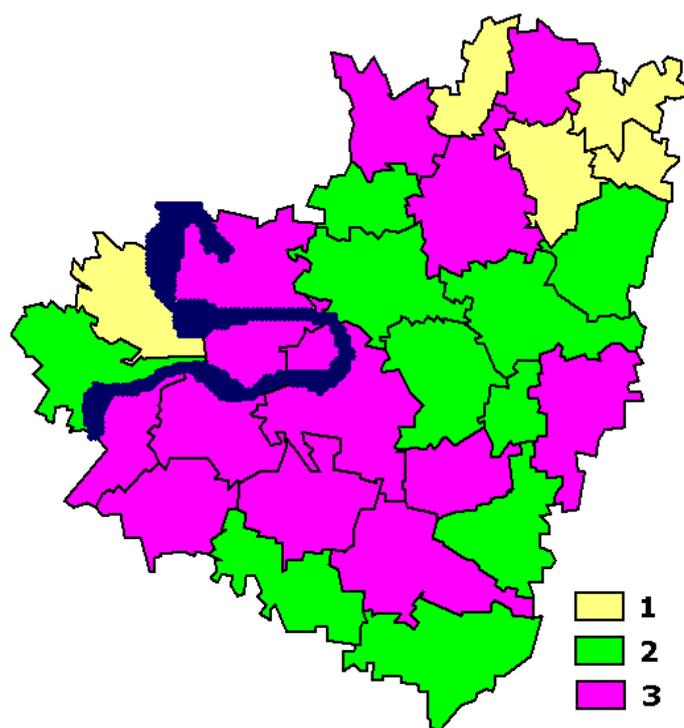


1 – до 4 %; 2 – от 4 до 9%; 3 - более 9%

Рис. 76. Доля ООПТ по муниципальным районам Самарской области

Значения некоторых из перечисленных показателей могут меняться под воздействием человека. Например, нерациональное ведение сельского хозяйства может усилить рост овражной системы или засоление земель. Площадь ООПТ также устанавливается человеком. Остается пока неясным, как быстро флора реагирует на данные изменения и насколько к ним чувствительна.

К группе антропогенных факторов отнесены показатели, полностью связанные с деятельностью человека. Распаханность земель и земли под дорогами представлены процентом соответствующих территорий от площади муниципального района. Процент адвентивности флоры (рис.77), отражающий реакцию флоры на антропогенное воздействие, так же отнесен к группе антропогенных факторов.



1 – до 12 %; 2 – от 12 до 15%; 3 - более 15%

Рис. 77. Адвентивность флоры по муниципальным районам Самарской области, %

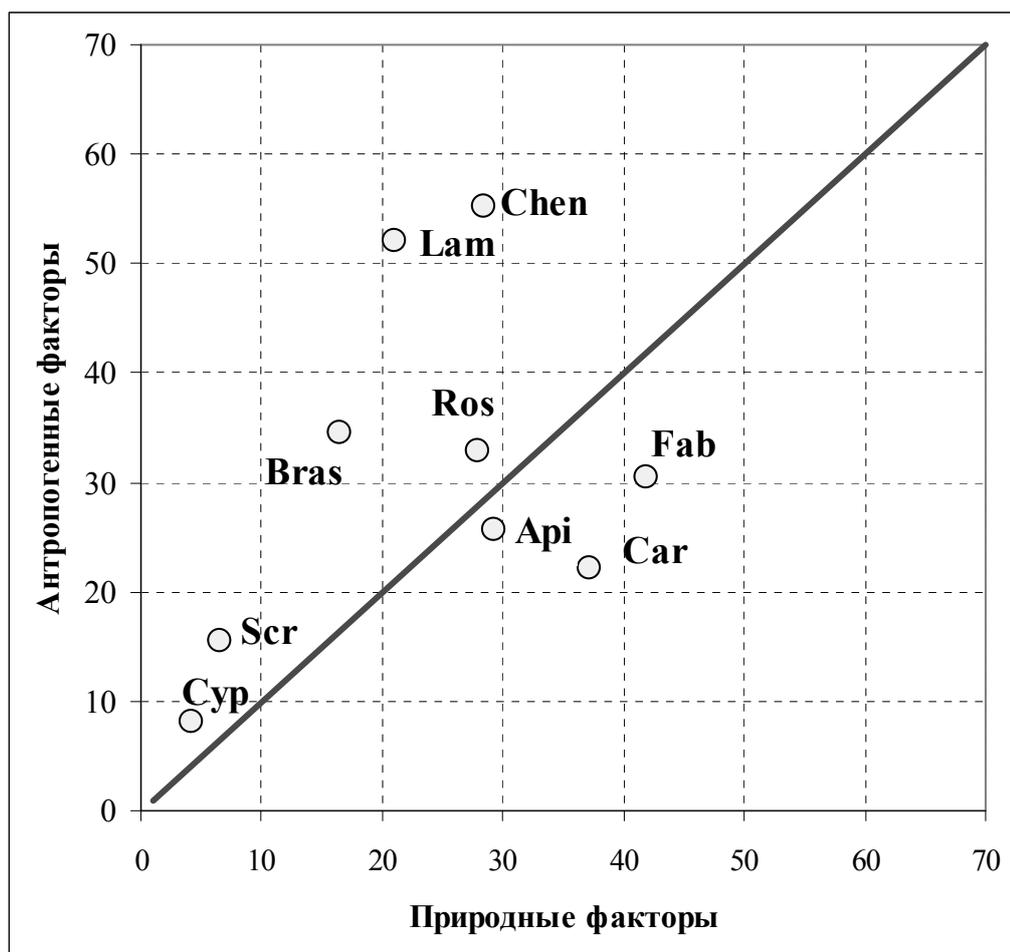
Коэффициент трансформации природных ландшафтов представляет собой отношение суммы площадей «антропогенных» земельных угодий к сумме площадей «природных» земельных угодий (Атлас земель..., 2002).

Проведенный анализ влияния отдельных показателей на совокупность рассматриваемых семейств показал, что из антропогенной группы самыми «влиятельными» оказались распаханность земель и коэффициент трансформации природных ландшафтов, а для природных – площадь ООПТ и площадь лесных земель.

При рассмотрении суммарного влияния групп факторов (природные и антропогенные) отмечено, что видовое богатство большинства семейств определяется преимущественно антропогенными факторами (рис. 78). Причем наибольшая значимость данной совокупности факторов наблюдается для семейств *Chenopodiaceae* и *Lamiaceae*, а наименьшая – для *Cyperaceae* и *Scrophulariaceae*. Суммарная доля влияния рассматриваемых факторов на эти семейства оказалась невелика. Виды семейства *Cyperaceae* в основном характеризуются как околородные растения, следовательно, для них значима совокупность факторов, определяющих водный режим экотопа.

Полученные диаграммы, отражающие степень влияния каждого природного и антропогенного параметра на рассматриваемые семейства, представляют собой своеобразные «экологические спектры» семейств, которые характеризуют изучаемую территорию (рис. 79).

Семействами, в большей степени зависимыми от совокупности антропогенных факторов, в нашем случае оказались *Chenopodiaceae* и *Lamiaceae*. *Chenopodiaceae* является одним из основных «поставщиков» адвентивных видов (Березуцкий, 1999), а *Lamiaceae* – синантропных (Иванова, 2008). Вероятно поэтому антропогенное воздействие сказывается положительно на их видовом разнообразии.



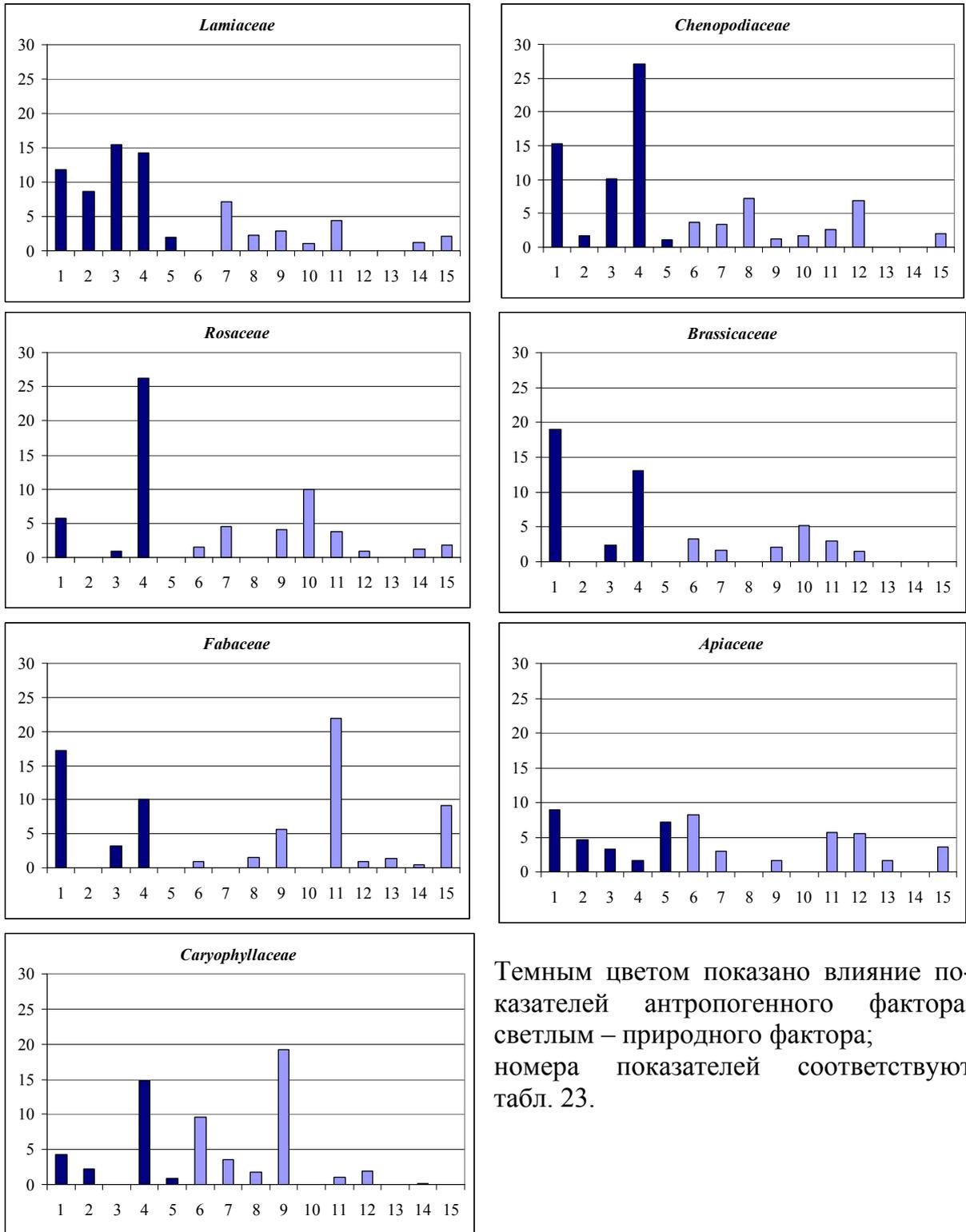
Fab - *Fabaceae*; Ros - *Rosaceae*; Lam - *Lamiaceae*; Cyp - *Cyperaceae*;
 Scr - *Scrophulariaceae*; Api - *Apiaceae*; Bras - *Brassicaceae*;
 Car - *Caryophyllaceae*; Chen - *Chenopodiaceae*

Рис. 78. Доля влияния природных и антропогенных факторов на видовое богатство семейств флоры

Существенное влияние оказывает трансформация природных ландшафтов, которая выражается через соответствующий коэффициент и является комплексным показателем преобразованности территории.

Зависимости от природных факторов у семейств *Chenopodiaceae* и *Lamiaceae* имеют свои особенности. Для *Lamiaceae* существенное значение имеет количество осадков в зимний период, что не противоречит существующим представлениям об увеличении видового обилия данного семейства в условиях умеренно влажного климата (Малышев, 1972). Количество же видов у *Chenopodiaceae* зависит от осадков в летний период (большая доля однолет-

ников, для которых важнее поступление влаги в течение вегетационного сезона).



Темным цветом показано влияние показателей антропогенного фактора, светлым – природного фактора; номера показателей соответствуют табл. 23.

Рис. 79. Влияние экологических факторов на видовое богатство семейств (экологические спектры семейств)

Видовое разнообразие *Rosaceae* и *Brassicaceae* также демонстрирует зависимость от антропогенных факторов. Причем для *Rosaceae* значительным является коэффициент трансформации природных ландшафтов, а для *Brassicaceae* – распашка земель. У этой пары семейств отмечается некоторое сходство в реакции на природные факторы: достоверно влияние площади лесных земель, водных объектов и засоленных сельхозугодий.

Для семейств *Fabaceae*, *Apiaceae* и *Caryophyllaceae* по характеру воздействия антропогенных факторов не отмечается общих тенденций. Следует отметить, что *Apiaceae* меньше всех среди рассматриваемых семейств зависит от трансформации природных ландшафтов. *Apiaceae* и *Caryophyllaceae* существенно связаны с температурным режимом («теплолюбивые» семейства). То же можно сказать и о *Chenopodiaceae*, но в меньшей степени. Семейство *Caryophyllaceae* демонстрирует наибольшую зависимость от площади лесных земель, поскольку лесные сообщества увеличивают количество возможных местообитаний гвоздичных.

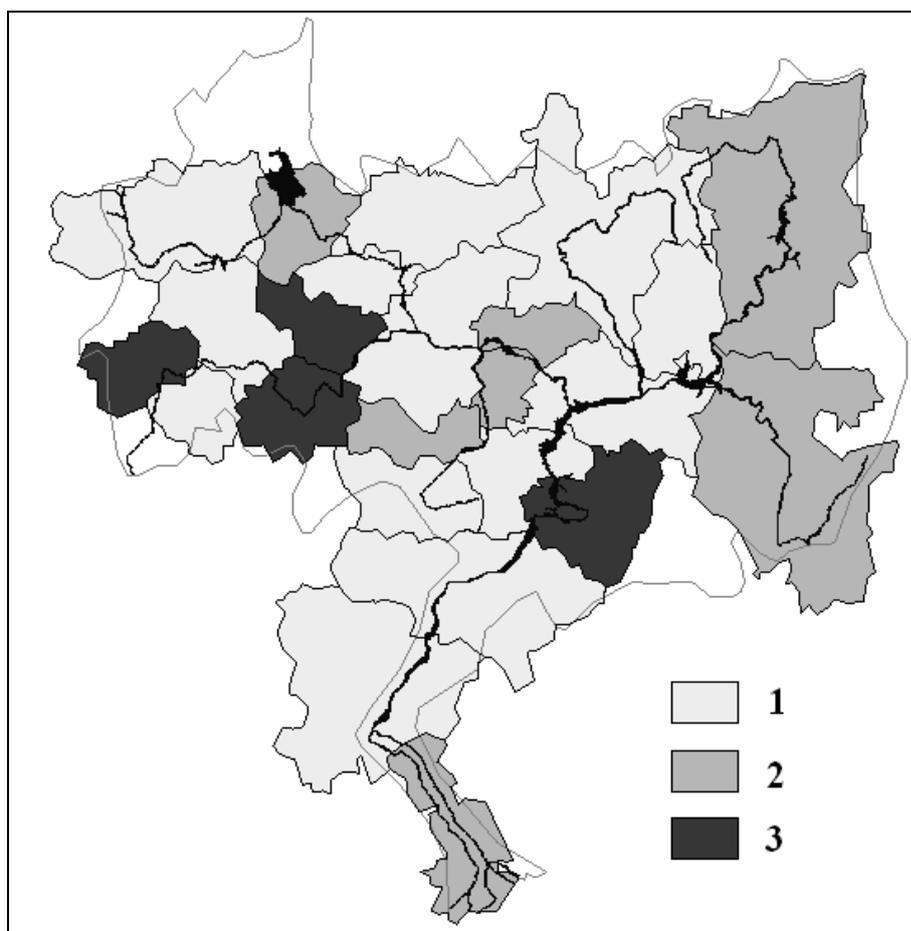
Таким образом, с использованием ЭИС REGION на основе семейственных спектров флоры муниципальных районов Самарской области получены «экологические спектры» ведущих семейств флоры (рис. 79), а также выявлены особенности воздействия окружающей среды с учетом природных и антропогенных факторов.

Глава 4. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО КОМПЛЕКСУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭИС REGION

Устойчивое развитие социальной и экономической подсистем возможно только при условии поддержания устойчивого развития экологической подсистемы. В связи с этим сохранение окружающей среды является основным условием. Таким образом, одним из важнейших аспектов становится экологический, а оптимизация воздействий на естественные экосистемы – главной задачей.

Одним из подходов в мировой практике по оценке состояния окружающей среды и оценки эффективности проводимой экологической политики выступает «светофорная» идеология, позволяющая проводить оценку пути развития (Sustainable Development..., 2013; Государственный доклад..., 2012, 2014). Такой подход основан на отслеживании изменений значений показателей-индикаторов (интенсивность выбросов, количество обезвреживаемых отходов, площади особо охраняемых природных территорий и т.д.) в зависимости от целевых установок.

Площадь особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – индикатор сохранения дикой природы, биоразнообразия, культурного наследия, геннофонда, рекреации, условие долгосрочной устойчивости. Положительная динамика характеризует устойчивое развитие. На рисунке 80 приведено пространственное распределение этого показателя для территории Волжского бассейна, на рисунке 76 – для территории Самарской области.



1 - от 0 до 0,015; 2 - 0,015 до 0,03; 3 - больше 0,03

Рис. 80. Доля площади ООПТ (заповедники и национальные парки)

Особое внимание принято уделять таким показателям-индексам, которые характеризуют антропогенную трансформацию территории (Иванова О., 1986; Атлас земель..., 2002; Розенберг, 2009; Сератирова и др., 2012 и многие другие). Через такие комплексные показатели, учитывающие необходимую сельскохозяйственную деятельность, промышленную, транспортную, рекреационную нагрузки, осуществляется попытка дать оценку степени нарушенности естественных ландшафтов, являющихся основой сохранения биоразнообразия.

Поскольку «ключевой задачей при решении проблемы сохранения биоразнообразия является сохранение изначальных природных комплексов, естественной структуры сообществ» (Захаров, 2014), актуальной остается разра-

ботка критериев, направленных на определение нарушений структуры экосистем.

Оценка нарушений естественного сложения флор на основе семейственного спектра

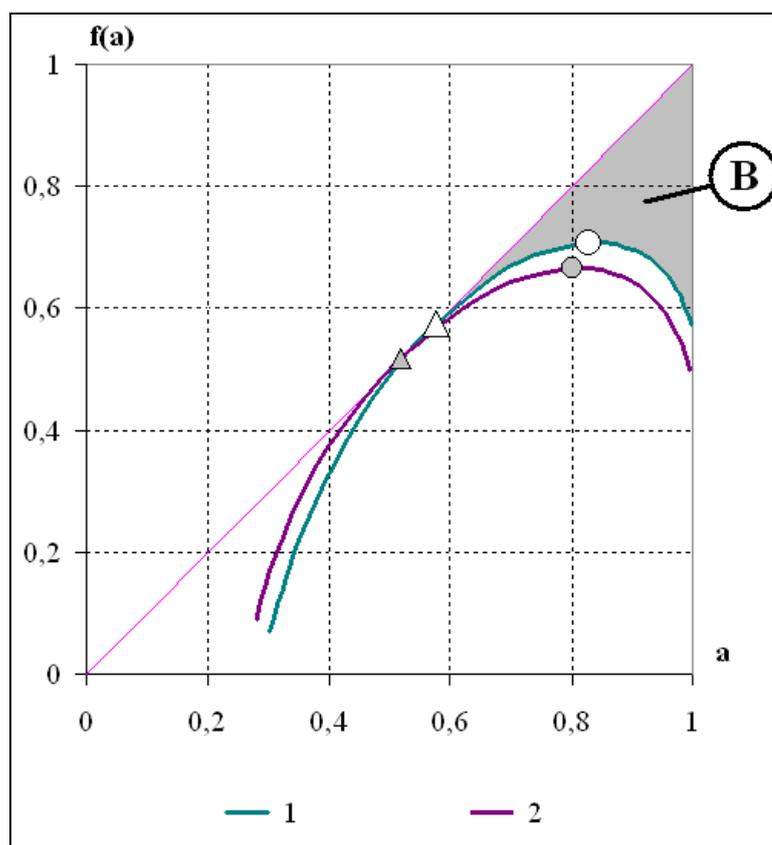
По мнению некоторых авторов, нет прямой связи между биоразнообразием экосистем и их устойчивостью, т.е. способностью поддерживать и восстанавливать экологическое равновесие при влиянии нарушающих факторов. Особенно, если биоразнообразие выражено просто через количество встречаемых видов (Миркин, Наумова, 2005). Существуют устойчивые экосистемы из небольшого числа видов и неустойчивые с большим числом видов.

Предложенный ранее подход к комплексному анализу семейственного спектра флор разного уровня (парциальная флора, конкретная флора, выборка из природной зоны) и масштаба (локальные и региональные флоры) позволяет по нескольким критериям оценить уровень сохранности и антропогенной преобразованности территории по семейственному спектру флоры (Костина и др., 2015). Такой комплексный анализ базируется на рассмотрении спектра индексов разнообразия семейств (СИРС), а так же на определении нормированного индекса представленности.

Основой для проведенного анализа послужили около 300 отдельных локальных описаний флоры территории Самарской и Ульяновской областей (Костина М., 2015), включающие памятники природы, урочища, лесные, степные, лесостепные участки и др. Источником информации для анализа семейственных спектров региональных флор Волжского бассейна явились опубликованные списки видов сосудистых растений Республик Татарстан (Сосудистые растения..., 2000), Чувашии (Гафурова, 2014), Мордовии (Сосудистые растения, 2010), Удмуртии (Баранова, Пузырев, 2012), Марий Эл (Абрамов, 1995), Башкортостан (Определитель высших..., 1988, 1989), Пермского края (Овеснов, 1997), Саратовской (Еленевский и др., 2008), Кировской (Тарасова,

2007), Рязанской (Казакова, 2004), Пензенской (Васюков, 2004), Тульской (Шереметьева и др., 2008), Самарской (Сосудистые растения..., 2007; Саксонов, Сенатор, 2012), Ульяновской (Благовещенский, Раков, 1994; Раков и др., 2014), Владимирской (Серегин, 2012), Калужской (Калужская флора..., 2010), Нижегородской (Аверкиев Д., Аверкиев В., 1985), Астраханской (Лактионов, 2009) областей. Также была использована информация о видовом составе национального парка «Самарская Лука» (Саксонов, 2006), Волго-Уральского региона (Плаксина, 2001), полуострова Ямал (Ребристая, 2013).

Для формулирования выводов о естественности сложения флор и, следовательно, об ее устойчивости рекомендуется ориентироваться на ряд показателей (рис. 81 и табл. 24).



1 – СИРС локальной флоры; **2** – СИРС региональной флоры
В - зона нарушения или недоизученности естественной флоры

Рис. 81. «Эталонные» спектры индексов разнообразия семейств

Таблица 24.

Критерии оценки устойчивости (естественности сложения) флоры
(Костина и др., 2015)

Уровень флоры	k	H	d
Локальный	$\leq 0,7$	$\approx 0,57$	$\approx 0,4$
Региональный	$\leq 0,66$	$\approx 0,52$	$\approx 0,4$

Примечание: k — индекс Маргалефа (σ);

H — индекс Шеннона (Δ);

d — нормированный индекс представленности семейств

Следует отметить, что форма СИРС не зависит от экологических условий и выглядит одинаково для флор разного масштаба (локальные, региональные и др.). Спектр характеризует высокую долю семейств, представленных одним видом, и уровень преобладающих (доминирующих) семейств. Таким образом, стандартная «крючкообразная» форма спектра разнообразия семейств одновременно отражает и структуру систематики растений (результат эволюционного процесса на настоящий момент), и реальное распределение видов по семействам на конкретных территориях.

Завышенные значения индексов k и H , а также существенные отклонения d указывают на:

- недообследованность (недоизученность) флоры;
- существенное антропогенное влияние. Изменяется местоположение и процентное соотношение ведущих семейств по отношению к эталонному спектру более высокого порядка (ранга). Местообитания аборигенных видов естественной флоры занимают синантропные, адвентивные виды, и происходят изменения в семейственном спектре, как по местоположению семейств, так и по количеству входящих в них видов;
- экстремальные условия, которые не позволяют сформироваться устойчивым сообществам;

- процесс формирования флоры растительного сообщества, соответствующей, например, начальной стадии постпирогенной сукцессии («плохо» структурированный спектр семейств).

Анализ по флористической составляющей административных единиц Волжского бассейна показал, что территории характеризуются определенной степенью устойчивости (табл. 25).

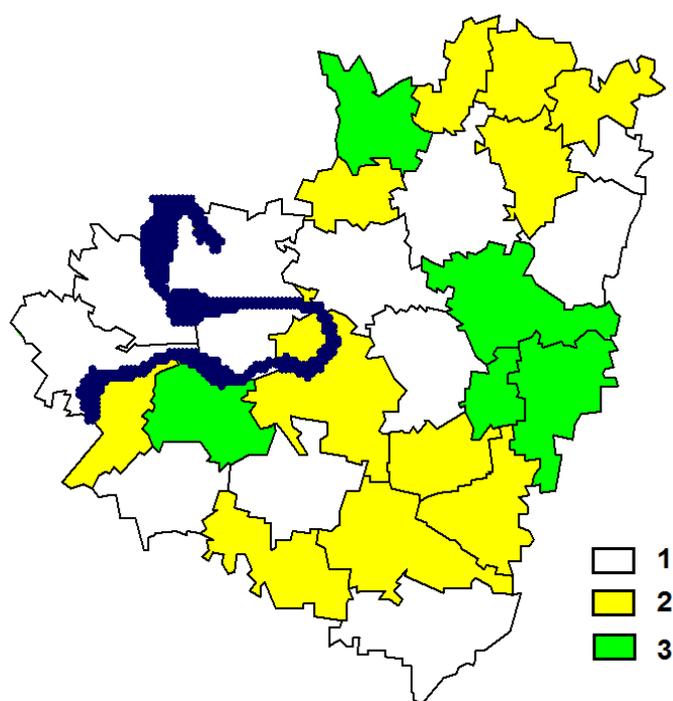
Таблица 25.

Оценка устойчивости административных единиц Волжского бассейна по флористическому компоненту

Региональная флора	к	Н	d
Республика Татарстан	0,64	0,51	0,4
Республика Чувашия	0,66	0,52	0,4
Республика Мордовия	0,67	0,52	0,4
Республика Удмуртия	0,65	0,50	0,4
Республика Марий Эл	0,66	0,52	0,4
Республика Башкортостан	0,65	0,51	0,4
Пермский край	0,65	0,51	0,4
Саратовская область	0,67	0,52	0,38
Астраханская область	0,66	0,52	0,38
Кировская область	0,66	0,53	0,4
Рязанская область	0,67	0,53	0,4
Пензенская область	0,67	0,53	0,4
Тульская область	0,67	0,53	0,4
Владимирская область	0,68	0,54	0,4
Самарская область	0,64	0,50	0,4
Ульяновская область	0,65	0,51	0,4
Калужская область	0,67	0,53	0,41
для сравнения			
П-ов Ямал	0,66	0,56	0,4
НП «Самарская Лука»	0,66	0,52	0,4

Это обеспечивается в основном наличием особо охраняемых природных территорий (заповедников, национальных парков, памятников природы федерального и регионального статуса и пр.), которые вносят вклад в сохранение фиторазнообразия.

Проведен анализ флоры муниципальных районов Самарской области и дана бальная оценка состояния флоры с учетом степени изученности и антропогенной преобразованности территории (рис. 82). Бальная оценка учитывала указанные выше критерии естественности сложения флоры (табл. 24), а также тип флоры*, определяемый по третьему члену семейственного спектра (Хохряков, 2000).



1 - хорошая; 2 - удовлетворительная; 3 - плохая

Рис. 82. Оценка состояния флоры Самарской области с учетом антропогенной преобразованности территории и степени изученности

* Для Самарской области в целом характерен *Fabaceae*-тип флоры. При этом отдельные территории демонстрируют вкрапления других типов (Иванова, Костина, 2015).

Полученная комплексная оценка по семейственному спектру флоры, как и другие предлагаемые подходы, основана на расчетных параметрах и показывает степень сохранности видового состава судистых растений.

4.1. Оценка изменений экологического состояния Волжского бассейна

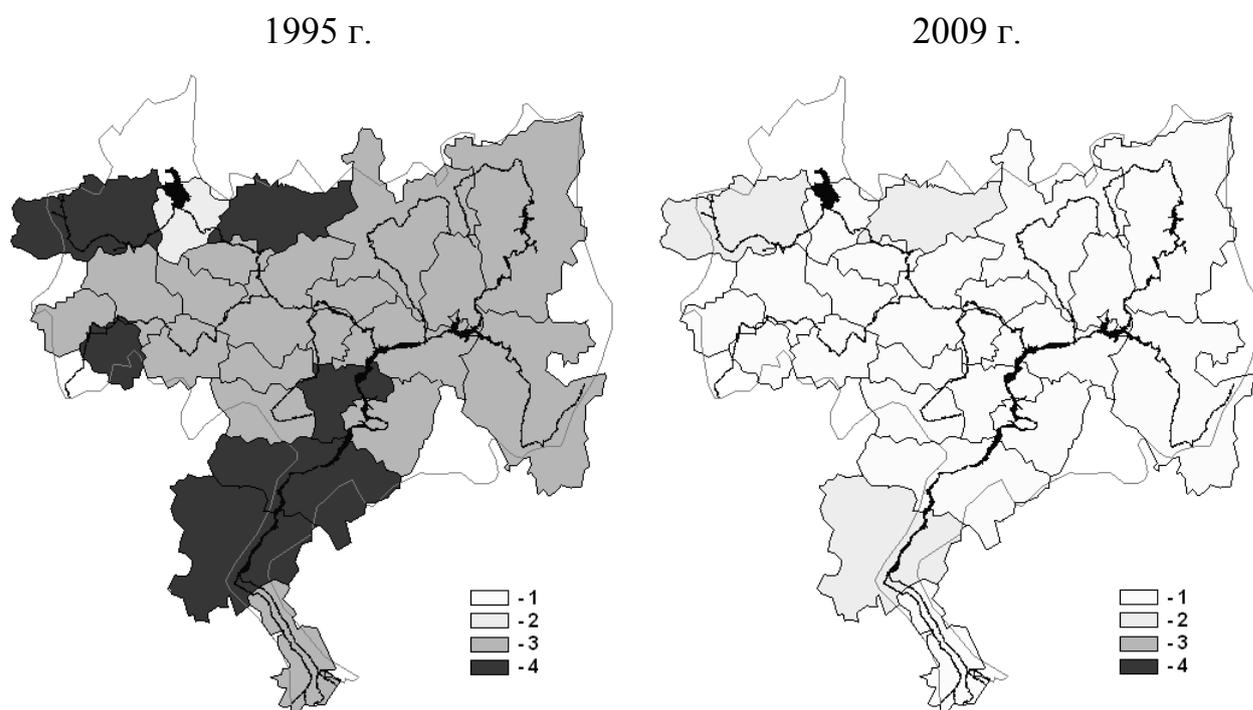
Используя ретроспективный набор данных, проведена комплексная оценка состояния территории Волжского бассейна на 1995 и 2009 годы по 12 показателям (Костина, 2014), включающим антропогенные, социальные и экономические факторы:

1. Посевные площади всех с/х культур (тыс.га/тыс.км²)
2. Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн.м³/тыс.чел.)
3. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (т/чел.)
4. Плотность автомобильных дорог с твердым покрытием (км/1000 км²)
5. Плотность железнодорожных путей (км/10000 км²)
6. Коэффициенты младенческой смертности (число детей, умерших в возрасте до 1 года, на 1000 родившихся живыми)
7. Заболеваемость на 1000 человек населения (зарегистрировано заболеваний у больных с диагнозом, установленным впервые в жизни)
8. Численность населения на одного врача (на конец года; человек)
9. Общие коэффициенты рождаемости (число родившихся на 1000 человек населения)
10. Лесовосстановление (% от лесной площади)
11. Производство электроэнергии (тыс.квт-час/чел.)
12. Валовой региональный продукт на душу населения, отнесенный к величине прожиточного минимума

Для получения комплексной оценки состояния использован алгоритм «оценка» (см. раздел 2.4.4), который по заданному пользователем списку показателей строит интегральный индекс.

На основе данных за 1995 и 2009 г. (Федеральная служба государственной статистики. <http://www.gks.ru>) проведена социо-эколого-экономическая оценка состояния территории Волжского бассейна по 12 показателям. В качестве «ухудшающих» выбраны с 1-го по 8-ой показатели, «улучшающих» с 9-го по 12-й.

Следует отметить, что за указанный период наблюдается увеличение заболеваемости населения, при «официальном» уменьшении загрязнения воздуха и воды. В силу социально-демографических причин и политических решений коэффициент рождаемости увеличился, а младенческая смертность уменьшилась (рис. 83, 84).



1 – от 4 до 9; 2 – от 9 до 14; 3 – от 14 до 19; 4 – более 19

Рис.83. Коэффициент младенческой смертности по территории Волжского бассейна

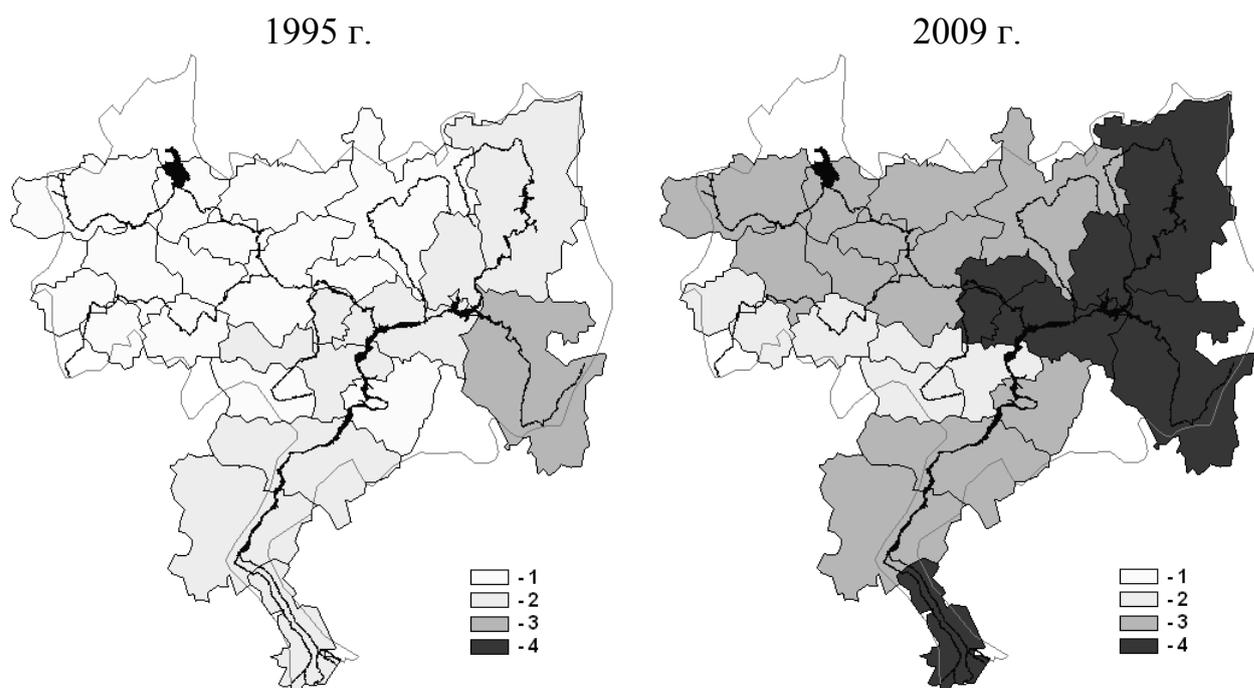


Рис. 84. Общий коэффициент рождаемости по территории Волжского бассейна

Наблюдаются также изменения по численности населения на одного врача (рис. 85), плотности автомобильных дорог с твердым покрытием (рис. 86), лесовосстановлению (рис. 87) и другим показателям.

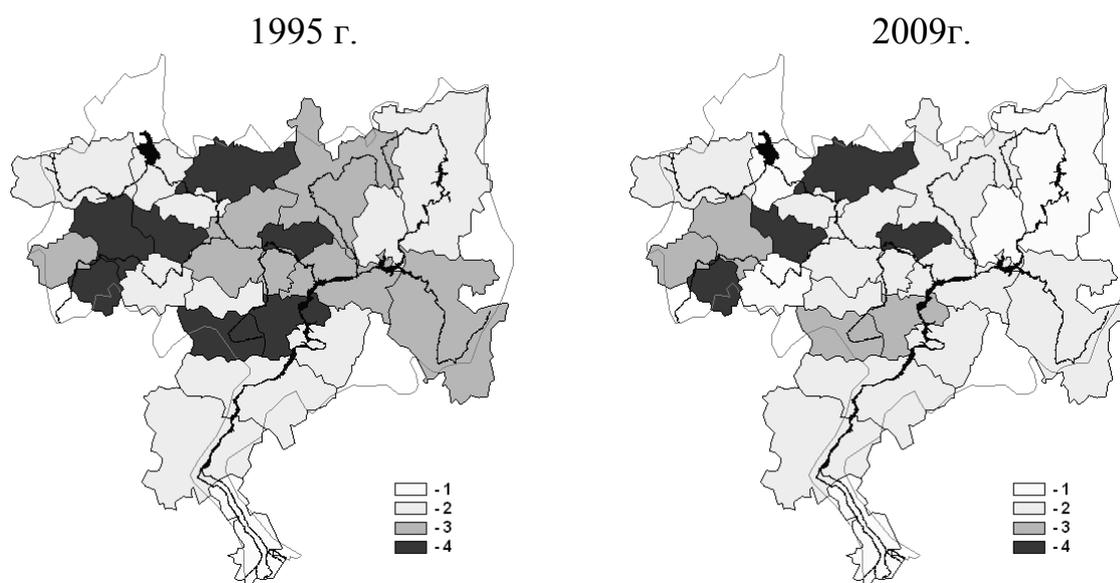
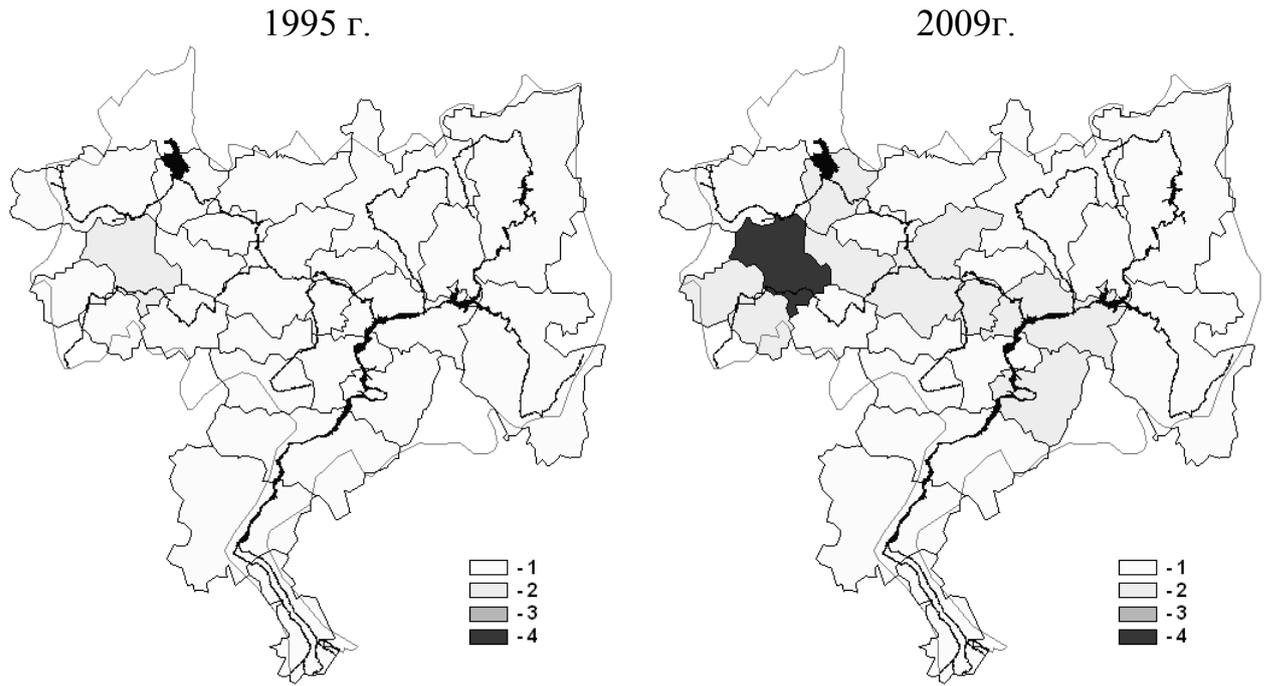
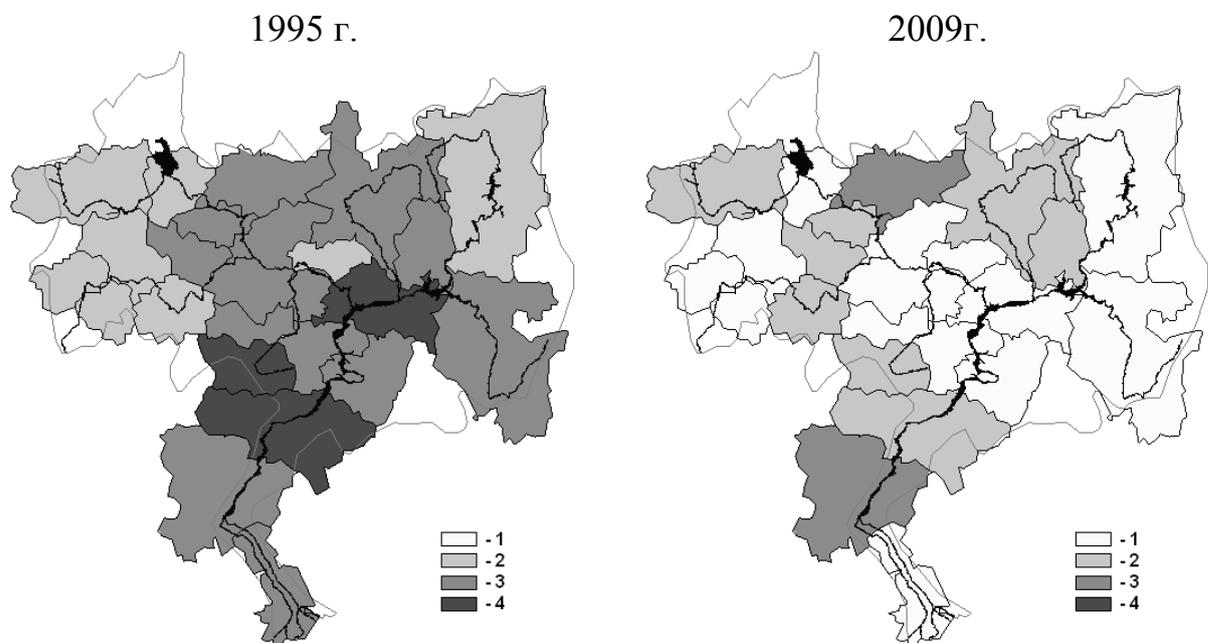


Рис. 85. Изменение численности населения на одного врача



1 – от 45 до 194; 2 – от 194 до 342; 3 – от 342 до 490; 4 – более 490

Рис. 86. Изменение плотности автомобильных дорог с твердым покрытием (км/1000 км²)

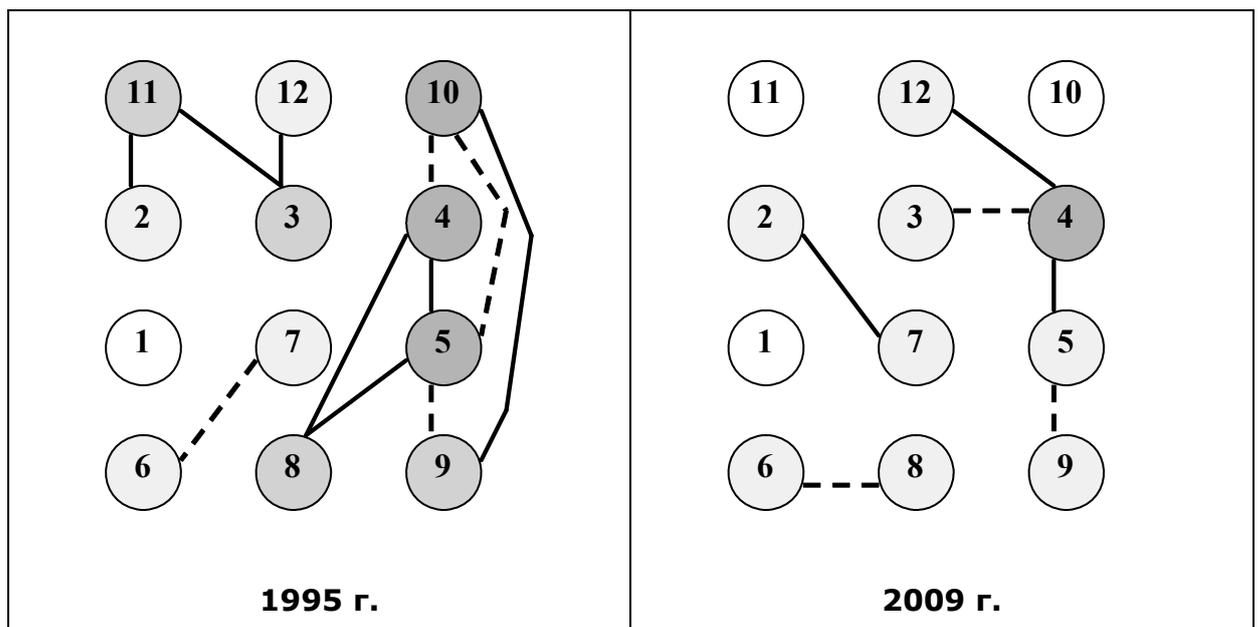


1 – от 0 до 0,25; 2 – от 0,25 до 0,45; 3 – от 0,45 до 0,65; 4 – более 0,65

Рис. 87. Лесовосстановление, % от лесной площади

Проведен корреляционный анализ для определения связей между показателями (рис. 88). В случае установления показателя, достоверно коррелирующего со всеми, его можно использовать как некий «индикатор».

В данном случае такой показатель отсутствует, и зависимости от 1995 к 2009 г. изменились (мы оставляем за «бортом» обсуждение о возможных косвенных и «ложных» корреляциях, которые наверняка присутствуют в данном примере).

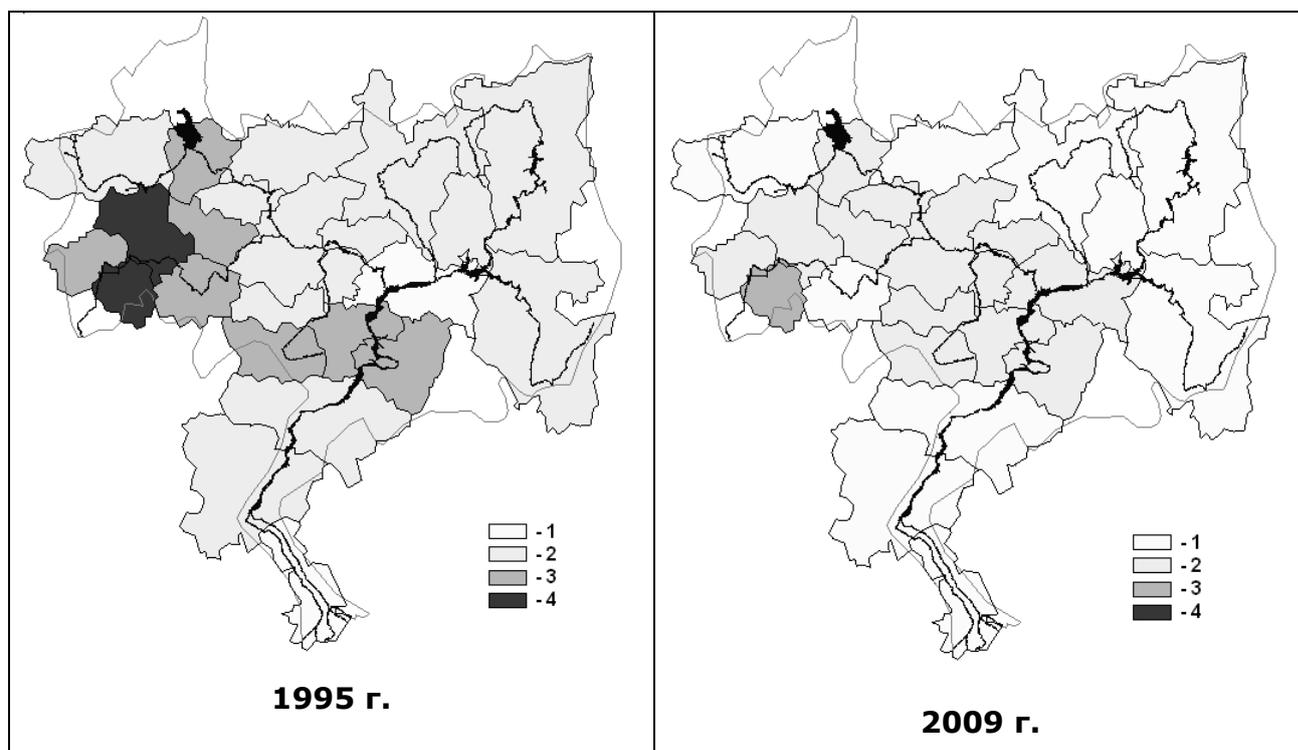


сплошная линия — прямая связь,
пунктирная — обратная; номера показателей соответствуют списку в тексте

Рис. 88. Корреляционные связи между показателями

Результаты проведенной оценки представлены на рисунке 89, из которого следует, что в рамках выбранных социо-эколого-экономических показателей произошло улучшение состояния территории Волжского бассейна.

Полученная социо-эколого-экономическая оценка состояния территории Волжского бассейна демонстрирует одну из возможностей системы REGION для построения комплексного показателя, который может быть использован для характеристики устойчивого развития.



1 — наилучшая, 4 — наихудшая

Рис. 89. Оценка состояния территории Волжского бассейна по 12 показателям

Следует отметить, что при выборе большого числа показателей возникает ожидаемый эффект «средней температуры по больнице». Помимо этого, привязка показателей к классу «ухудшающих» или «улучшающих» не всегда однозначна и требует компромиссного решения.

4.2. Экологическая оценка территории Волжского бассейна с использованием обобщенной функции желательности

Использование обобщенной функции желательности позволило дать экологическую оценку административных единиц территории Волжского бассейна (Розенберг и др., 2009, 2010). Такой подход, в частности, был применен для экологического районирования Нижнего Новгорода (Гелашвили и др., 2008), анализе экологического состояния Нижегородской области (Гелашвили и др., 2006, 2012), Приволжского федерального округа (Гелашвили и др., 2014).

Информационной основой послужили официальные статистические данные за 2004-2007 гг. (Регионы России..., 2008, 2010; Охрана окружающей..., 2008), которые были адаптированы в соответствующие показатели в БД ЭИС REGION. Экологическая оценка проводилась по 24 административным единицам территории Волжского бассейна. В расчет было включено 7 показателей, включающих природную, антропогенную, социальную и экономическую составляющую:

«Нежелательные» показатели:

1. Выбросы в атмосферу твердых загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, т/чел. в год (средние значения за 2004-2006 гг.).
2. Выбросы в атмосферу окиси углерода, отходящих от стационарных источников, т/чел. в год (средние значения за 2004-2006 гг.).
3. Объем загрязненных сточных вод, м³/чел. в год (средние значения за 2004-2007 гг.).
4. Необезвреженные отходы производства и потребления, т/чел. в год (средние значения за 2006-2007 гг.).
5. Число зарегистрированных экологических преступлений на одного жителя (средние значения за 2004-2007 гг.).

«Желательные» показатели:

6. Площадь зеленых массивов и насаждений в городах на одного городского жителя, м² (средние значения за 2004-2007 гг.).
7. Текущие затраты на охрану окружающей среды в 2007 г., тыс. руб./чел в год.

Поскольку вопрос о допустимых или оптимальных величинах того или другого показателя является открытым, то в качестве x_{\min} (x_{\max}) принимались минимальные (максимальные) значения в выборке. По полученным значениям d_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$ – «нежелательные» показатели) рассчитаны значения обобщенной функции желательности D_5 . На основе рекомендованных градаций

(табл. 3) выделены зоны, соответствующие «хорошему», «удовлетворительному», «плохому» и «очень плохому» состоянию (рис. 90а, табл. 26).

Таблица 26.

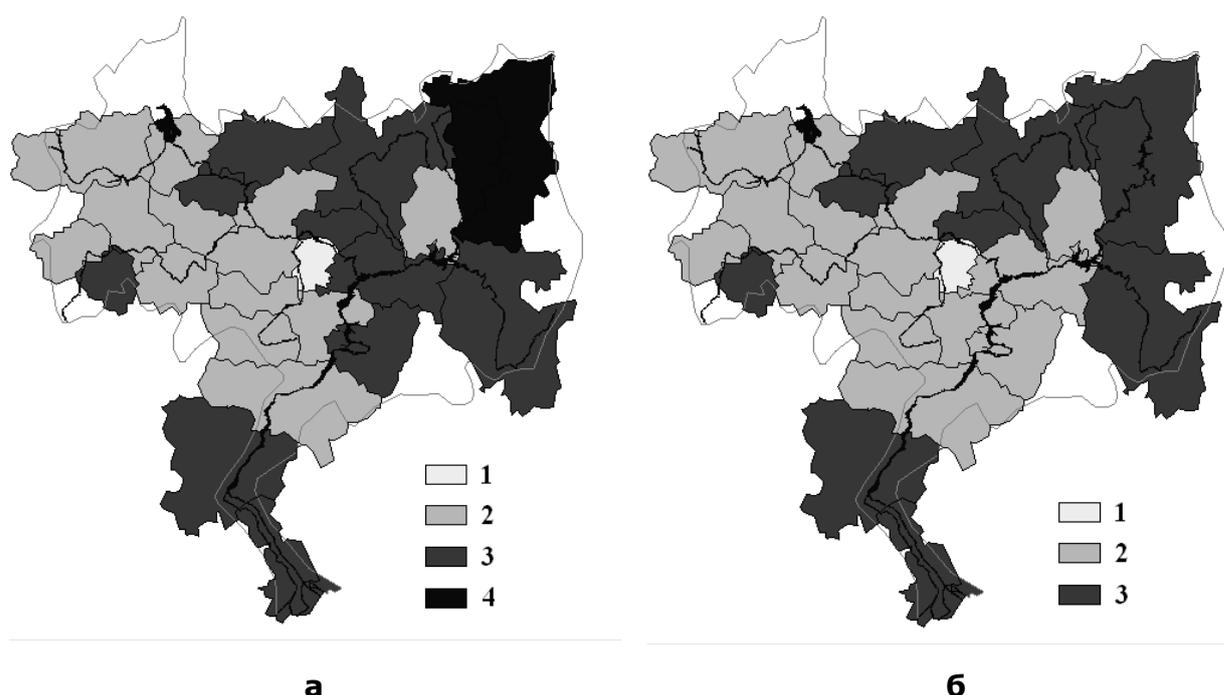
Значения обобщенной функции желательности D_5 и D_7 по административным единицам Волжского бассейна

Административные единицы	D_5		D_7	
	Значения	ЭС	Значения	ЭС
Астраханская область	0,24	пл.	0,30	пл.
Владимирская область	0,54	уд.	0,52	уд.
Волгоградская область	0,28	пл.	0,33	пл.
Ивановская область	0,32	пл.	0,28	пл.
Калужская область	0,56	уд.	0,45	уд.
Кировская область	0,29	пл.	0,35	пл.
Костромская область	0,25	пл.	0,30	пл.
Московская область	0,61	уд.	0,56	уд.
Нижегородская область	0,43	уд.	0,49	уд.
Пензенская область	0,55	уд.	0,48	уд.
Пермский край	0,12	оч.пл.	0,22	пл.
Республика Башкортостан	0,22	пл.	0,34	пл.
Республика Марий Эл	0,32	пл.	0,32	пл.
Республика Мордовия	0,42	уд.	0,39	уд.
Республика Татарстан	0,34	пл.	0,40	уд.
Рязанская область	0,44	уд.	0,45	уд.
Самарская область	0,33	пл.	0,42	уд.
Саратовская область	0,44	уд.	0,45	уд.
Тверская область	0,41	уд.	0,41	уд.
Тульская область	0,22	пл.	0,26	пл.
Удмуртская республика	0,54	уд.	0,57	уд.
Ульяновская область	0,55	уд.	0,47	уд.
Чувашская республика	0,70	хор.	0,67	хор.
Ярославская область	0,39	уд.	0,41	уд.

Примечание: ЭС — экологическое состояние: хор. — хорошее, уд. — удовлетворительное, пл. — плохое, оч.пл. — очень плохое

Расчетные значения D_7 , включающие как «нежелательные», так и «желательные» показатели, приведены в таблице 26, пространственное распределение по градациям экологического состояния показано на рисунке 90б.

Характеристика экологической ситуации (D_7 в сравнении с D_5) заметно сместилась в лучшую сторону в Республике Татарстан, Пермском крае и Самарской области.



1 — хорошая; 2 — удовлетворительная; 3 — плохая; 4 — очень плохая

Рис. 90. Экологическая оценка состояния административных единиц территории Волжского бассейна (а — D_5 , б — D_7)

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 неблагоприятная – в Пермском крае, Тульской и Ивановской областях.

4.3. Экология «культуры» на примере территории Волжского бассейна

Одним из ведущих аспектов достижения устойчивого развития крупной территории является эколого-нравственно-этическое «обновление» человеческой популяции, что тесно связано, в том числе, с потенциалом интеллектуального развития личности.

С помощью экспертной информационной системы REGION проведен анализ распределения по территории Волжского бассейна учреждений образования, здравоохранения, культуры (музеи, театры) и спорта. То есть, дана обобщенная картина «эколого-нравственного потенциала» территории (Костина и др., 2012) в пространстве факторов (Регионы России..., 2010; Россия в цифрах..., 2011), которые с той или иной степенью условности можно отнести к характеристикам «экологии культуры».

Рассмотрены два варианта (рис. 91 и 92): распределение учреждений, отнесенных на 1000 человек населения (обобщенный индекс «культурности») и распределение учреждений, отнесенных на 1000 км² (обобщенный индекс плотности «культуры»). При построении интегральных индексов (рис. 93) выбранные показатели нормировались методом линейного масштабирования по отношению к заданным минимальным и максимальным значениям шкалы и суммировались.

Полученный результат по индексу «культурности» отражает плохую обстановку в Самарской, Астраханской областях и в Республике Марий Эл. Более хорошая обстановка характерна для Костромской, Тверской, Ярославской областей и Республики Мордовия.

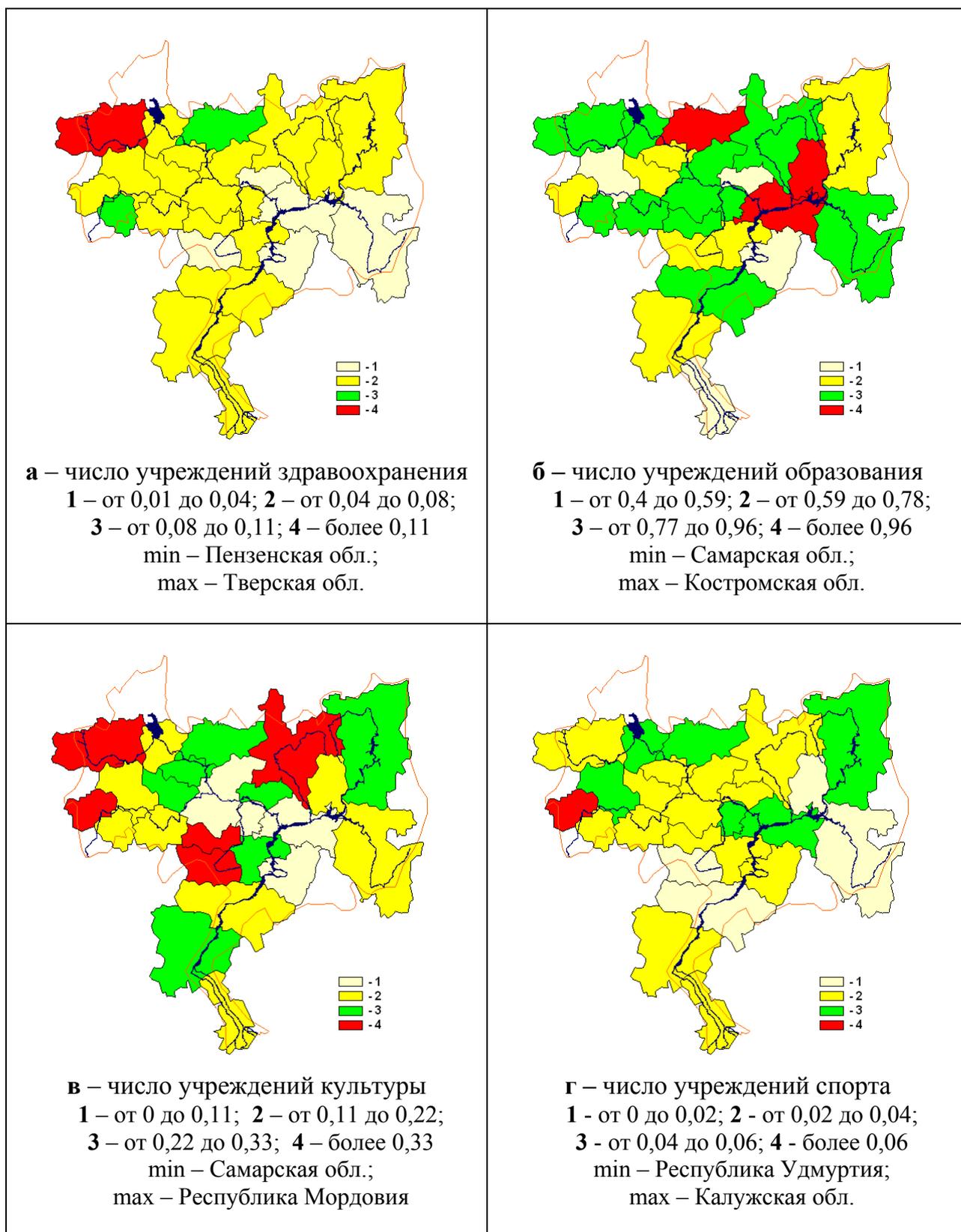


Рис. 91. Число учреждений на 1000 человек населения по территории Волжского бассейна

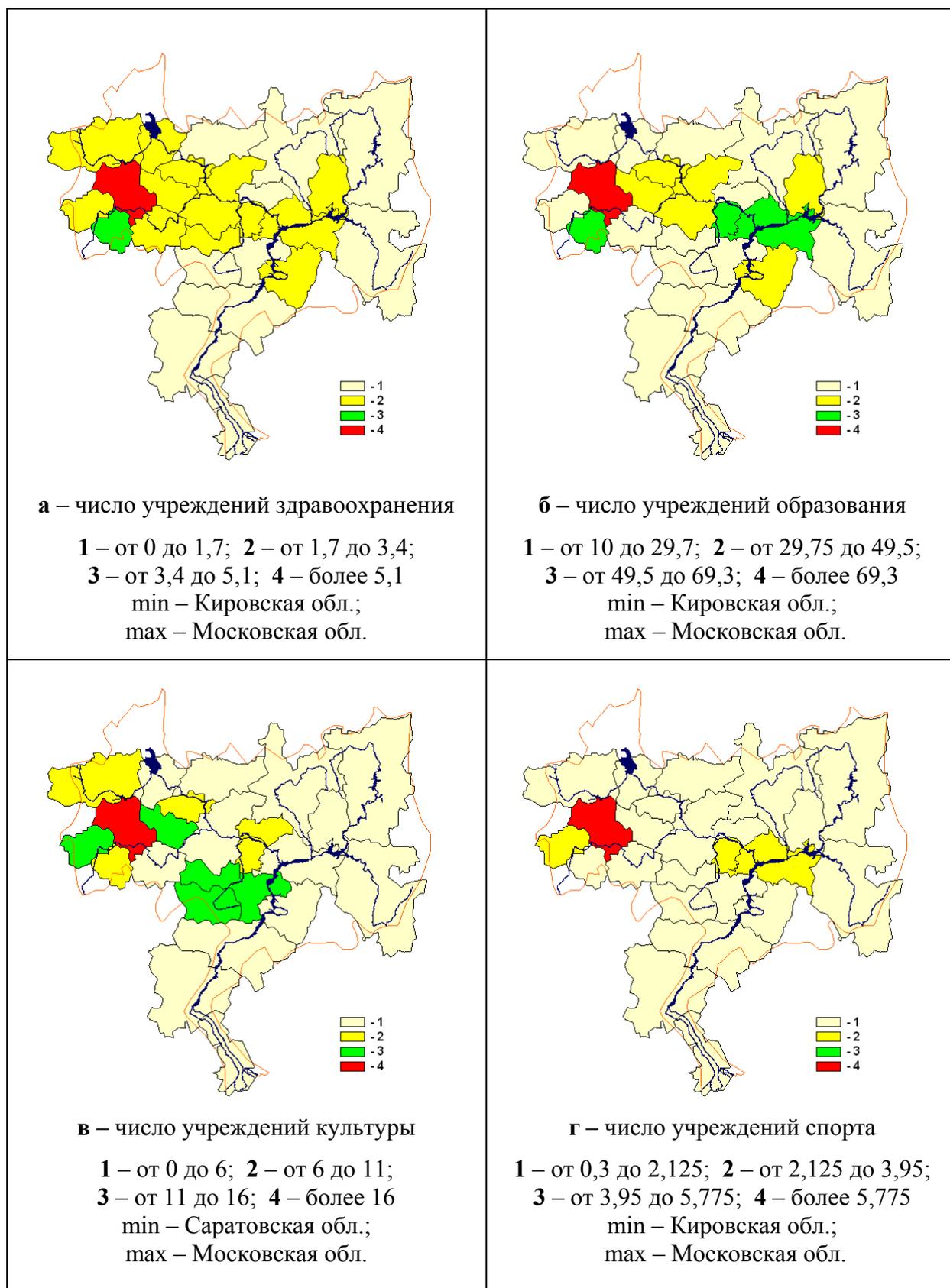


Рис. 92. Число учреждений на тыс. км² по территории Волжского бассейна

Обобщенный индекс плотности «культуры» демонстрирует лидирующее положение Московской области. При этом, из рассмотрения мы исключили г. Москву (отношение огромного числа учреждений культуры, спорта, образования и здравоохранения к очень маленькой площади этого субъекта РФ делает значения данного показателя неким «артефактом», а на взгляд обычного человека - «из другой жизни»; но и в этом случае, Московская область резко выделяется в лучшую сторону).

Положение «аутсайдеров» занимают Кировская, Астраханская, Волгоградская, Саратовская области, Республика Башкортостан, что позволяет установить приоритеты в управлении достижения устойчивого развития территориями Волжского бассейна. Следует также отметить, что значения параметров этого индекса тесно связаны линейной зависимостью (см. рис. 94).

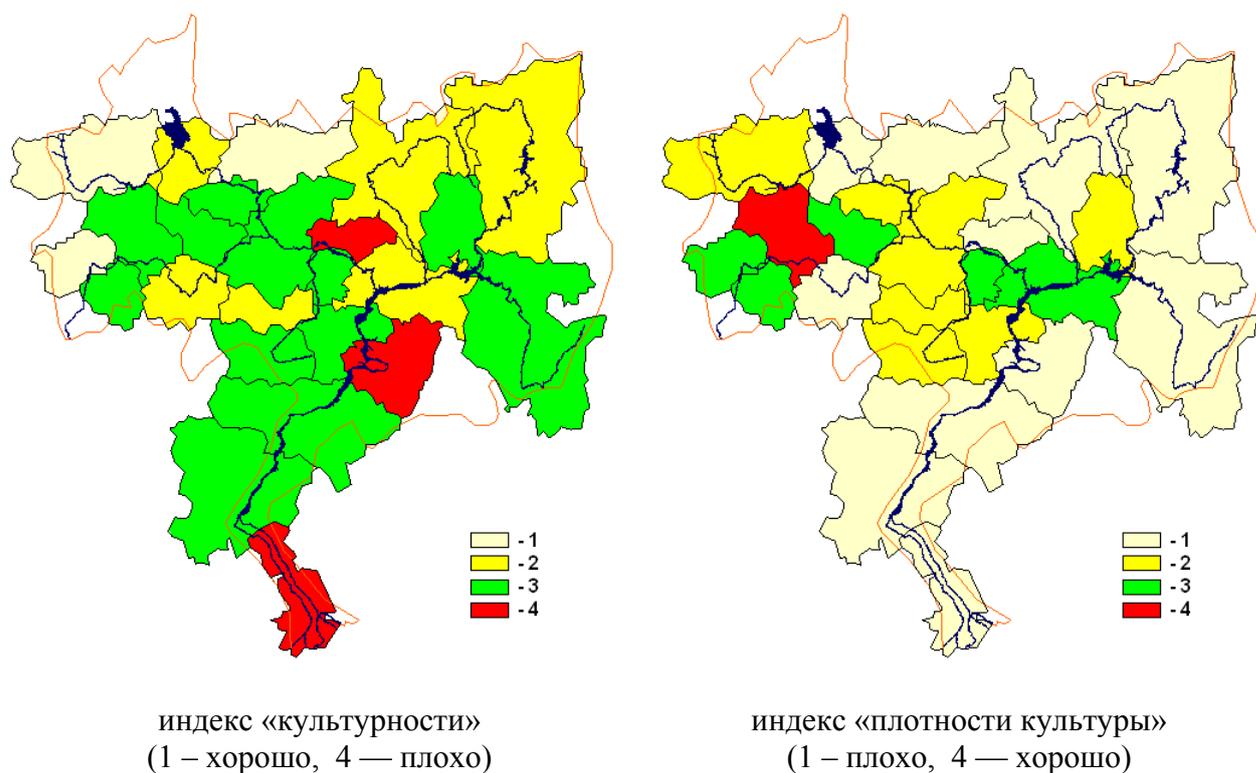
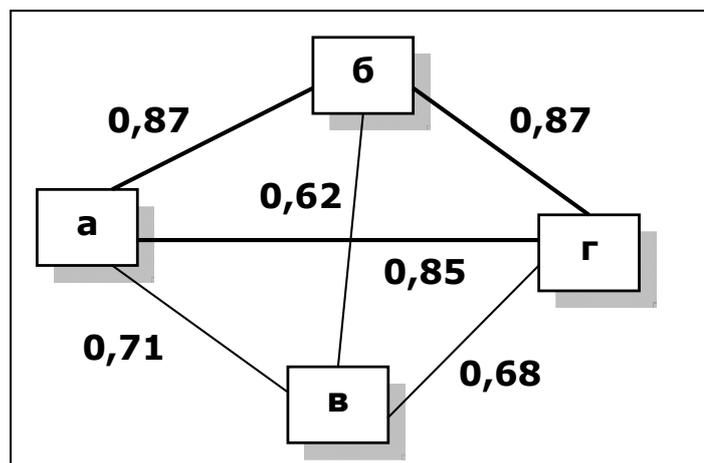


Рис. 93. Распределение значений индексов по территории Волжского бассейна

Столь высокие коэффициенты линейной корреляции между анализируемыми параметрами (все больше 0,62) позволяют в дальнейшем использовать либо один из них (например, число учреждений культуры на тыс. км²), либо применять в анализе полученный обобщенный индекс «плотности культуры».



Учреждения:

а — здравоохранения, б — образования, в — культуры, г — спорта

Рис. 94. Значения коэффициентов линейной корреляции между числом учреждений на тыс. км² на территории Волжского бассейна

Система REGION позволила определить зависимость обобщенных показателей (индексов «культурности» и «плотности культуры») от некоторых факторов, характеризующих устойчивое развитие территорий Волжского бассейна. В качестве таковых были выбраны следующие:

1. биотическая продуктивность экосистем Волжского бассейна, т/га/год;
2. лесистость территории, %;
3. доля особо охраняемых природных территорий (ООПТ), %;
4. доля горожан, живущих в условиях высокого и очень высокого загрязнения атмосферного воздуха, %;
5. объем выбросов в атмосферу на одного жителя, т/чел.;
6. сброс загрязненных вод на одного жителя, м³/чел.;

7. доля религиозных людей, разделяющих и экологическое мировоззрение, %;
8. коэффициент экологической преступности (на население от 14 лет);
9. протяженность автодорог с твердым покрытием, км/1000 км² (составная часть обобщенной транспортной нагрузки);
10. инвестиции в объекты охраны окружающей среды, % к ВРП;
11. индекс развития человеческого потенциала (Human Development Index – HDI; [Бушуев и др., 2008; Доклад о развитии..., 2013]).

Удельный вес влияния факторов (x_i ; $i = 1, \dots, 11$) в уравнениях линейной множественной регрессии для индексов «культурности» (Y_k) и «плотности культуры» (Y_{pk}) оказался следующим:

Y_k	x_1	x_2	x_4	x_6	x_9	x_{11}
%	8,42	10,41	38,06	3,84	2,59	6,27

Накопленная сумма удельного влияния факторов – 69,6%.

Коэффициент множественной регрессии – 0,838.

Y_{pk}	x_5	x_9	x_{10}	x_{11}
%	2,64	78,41	4,07	2,91

Накопленная сумма удельного влияния факторов – 89,8%.

Коэффициент множественной регрессии – 0,973.

Самыми значимыми для индекса «культурности» оказались чисто экологические параметры (биопродуктивность экосистем и лесистость территории – почти 19%, прямая зависимость) и фактор антропогенного загрязнения (доля горожан, живущих в условиях высокого и очень высокого загрязнения атмосферного воздуха – чуть более 38%; обратная зависимость). Интерпретация этого результата затруднена. Скорее всего, мы имеем дело с комплексным влиянием факторов. Для индекса «плотности культуры» основными факторами стали доступность объектов культуры, спорта и пр. (прямой вклад этого фактора в общее влияние – более 78%) и инвестиции в объекты охраны окру-

жающей среды (более 4%, также прямая зависимость); здесь результат более «понятен».

Таким образом, можно констатировать, что ЭИС REGION дает в руки исследователя новый и достаточно адекватный инструмент, позволяющий содержательно анализировать не только эколого-экономическую компоненту устойчивого развития, но и социо-культурную («эколого-нравственный потенциал).

Глава 5. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСОВ И ИНДИКАТОРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

5.1. Статистический анализ индекса развития человеческого потенциала на примере Волжского бассейна

Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП) является интегральным показателем из трех составляющих: индекса ожидаемой продолжительности жизни, индекса образования (средняя продолжительность обучения и ожидаемая продолжительность обучения), индекса дохода. Он отражает социально-экономическое развитие (экономическую результативность, состояние физического и социального здоровья населения, качество трудовых ресурсов, профессиональный и культурный потенциал населения) и обладает собственной качественной характеристикой.

Приведенная в таблице 27 и на рисунке 95 динамика ИРЧП (за 10 лет) позволяет сделать следующие выводы (Костина и др., 2010):

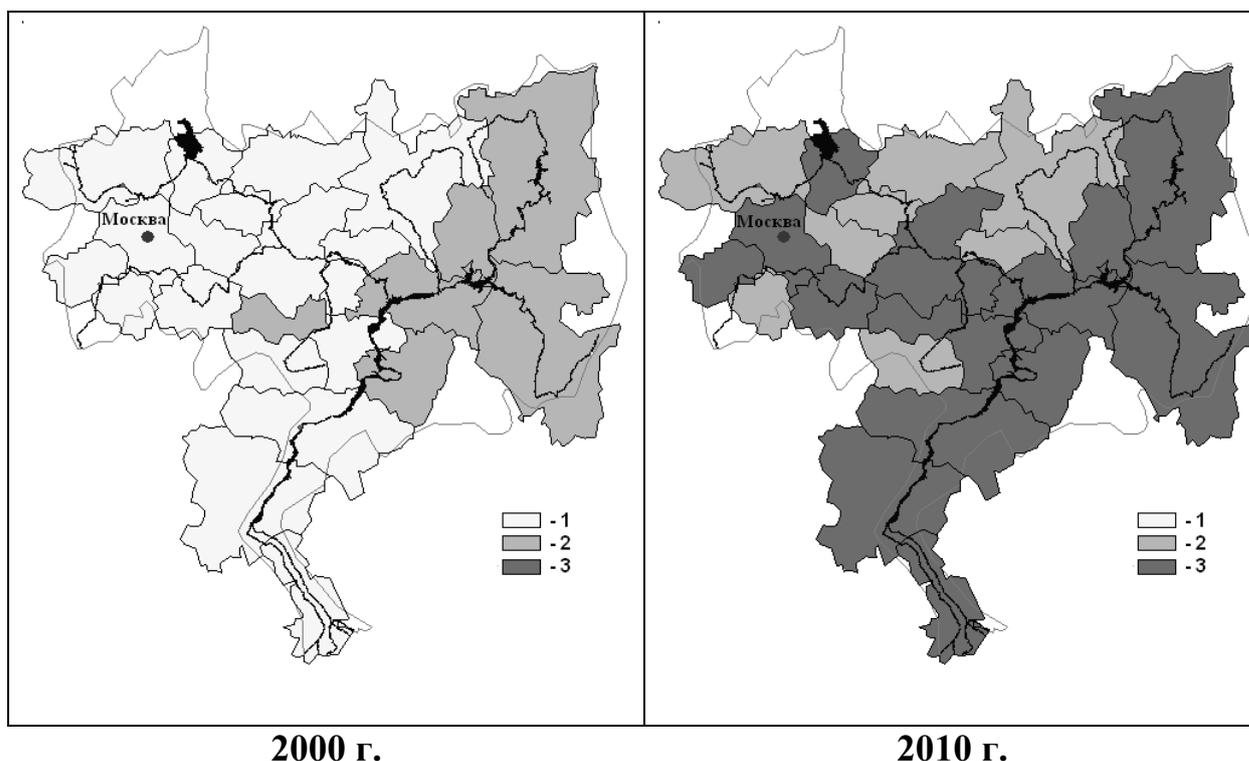
- ИРЧП по стране в целом вырос на 10%;
- для территорий Волжского бассейна г. Москва сохранил лидирующее положение (1-ое место в стране и рост на 7,8%), а Ивановская область осталась на последнем месте (77-ом в стране; рост на 11%); Нижегородская, Ярославская, Челябинская области практически также сохранили свое положение «в середине таблицы» (20-е, 30-е места) при среднем росте ИРЧП, как и по стране в целом, на 10%;
- другие территории демонстрируют весьма хаотичную динамику (например, Астраханская область с 28-го места «перешла» на 44-ое, Самарская область с 11-го опустилась на 25-ое место, а Саратовская область с

38-го поднялась на 28-ое место), причины которой следует анализировать специально.

Таблица 27.

Индекс развития человеческого потенциала в 2000 и 2010 гг.
(Доклад о развитии..., 2013)

Территория	2000		2010	
	ИРЧП	Место в РФ	ИРЧП	Место в РФ
Российская Федерация	0,763		0,843	
Республика Башкортостан	0,780	4	0,832	18
Республика Мордовия	0,756	19	0,828	23
Республика Татарстан	0,804	3	0,864	6
Астраханская область	0,748	28	0,812	44
Ивановская область	0,700	76	0,778	77
г. Москва	0,864	1	0,931	1
Московская область	0,737	44	0,820	35
Нижегородская область	0,746	31	0,820	33
Пермская область	0,758	17	0,827	26
Рязанская область	0,738	42	0,811	47
Самарская область	0,766	11	0,827	25
Саратовская область	0,741	38	0,824	28
Свердловская область	0,744	35	0,842	12
Челябинская область	0,756	20	0,831	20
Ярославская область	0,754	22	0,828	23
Новосибирская область	0,749	27	0,830	22
Томская область	0,772	9	0,852	9



К градации 3 относится только
г. Москва.

1 – 0,700-0,755; 2 – 0,755-0,809; 3 – более 0,809

Рис. 95. Распределение ИРЧП
по территории Волжского бассейна в 2000 и 2010 гг.

Были получены уравнения множественной линейной регрессии зависимости ИРЧП от некоторых факторов, имеющих в базе данных ЭИС REGION, а также проведена проверка существенности влияния исследуемых факторов (табл. 28).

Прежде всего отметим, что накопленная сумма удельного влияния факторов в обоих случаях оказалась достаточно высокой (почти 75 и 66%). Только два фактора (X_3 и X_7) достоверно вошли в оба уравнения регрессии. В 2000 г. «социальные» факторы (X_2 и X_7) дали 41,3% общего варьирования, «экологические» (X_3 , X_4 и X_5) – 32,4%; в 2010 г. к «социальным» (X_7 ; 18,2%) и «экологическим» факторам (X_3 ; 4,1%) добавились «экономические» (X_1 и X_6), которые дали 43,6% общего варьирования.

Регрессионный анализ ИРЧП в ЭИС REGION (Костина и др, 2014)

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

Столь заметный разброс значений позволяет сделать вывод о том, что, во-первых, региональный ИРЧП (для Волжского бассейна) существенно менее

устойчив, чем показатель для страны в целом (об этом прямо говорится в работе [Печуркин, Сомова, 2014, с. 156]), и, во-вторых, что ИРЧП в большей степени является социально-экономическим показателем и нуждается в «экологической корректировке». При сложном, многоаспектном анализе показателей устойчивого развития не будем забывать о том, что идеология устойчивого развития первоначально исходила из равновеликого вклада основных составляющих – экологических, социальных и экономических (Захаров, 2012; Левашов, 2014). Сегодня, несмотря на все политические декларации и обоснование приоритетности экологических аспектов устойчивого развития, наиболее значимыми, как и прежде, остаются экономические вопросы, далее следуют социальные и, «по остаточному принципу» – экологические. ИРЧП для Волжского бассейна (особенно в 2010 г.) демонстрирует ту же тенденцию.

Еще одно уравнение регрессии – зависимость ИРЧП от некоторых факторов, имеющихся в базе данных, и других индексов устойчивого развития – представлено в таблице 29. В анализ было включено 12 показателей X_i , определенных для 7 наиболее антропогенно нагруженных регионов: республик Татарстан и Башкортостан, Пермского края, Нижегородской, Самарской, Свердловской и Челябинской областей.

Данный пример носит скорее иллюстративный характер, однако можно все-таки сделать некоторые выводы. Так, X_3 (сброс загрязненных сточных вод на единицу ВРП) оказался значимым фактором как для расчета по всем регионам Волжского бассейна (табл. 28), так и для «укороченной» выборки (табл. 29); в последнем случае показательным является знак «–» коэффициентов регрессии: чрезвычайные ситуации, заболеваемость, загрязнение воды, все это «корректирует» ИРЧП в сторону уменьшения, что выглядит совершенно логичным.

Таблица 29.

Регрессионный анализ ИРЧП в ЭИС REGION (укороченная выборка)

Факторы воздействия, включенные в регрессионную модель	2010 г.	
	Коэф. регрессии	удельный вес влия- ния факто- ра (%)
Свободный член	1,744	
Обобщенная функция желательности D_7 ($100 * X_1$)	-0,206	3,3
Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды (% ко всем инвестици- ям в регионе; X_2)	0,0026	2,4
Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные источники на единицу ВРП (млн. м ³ /руб.; X_3)	-4,988	13,8
Заболеваемость населения (на млн. чел. населе- ния) с впервые установленным диагнозом (X_4)	-0,946	19,6
Число всех видов чрезвычайных ситуаций в 2009 г. ($100 * X_5$)	-0,284	59,0
Коэффициент множественной корреляции		0,989
Накопленная сумма удельного влияния факторов (%)		98,1

Главный вывод, который следует из анализа ИРЧП для Волжского бассейна, состоит в том, что анализ устойчивого развития должен выполняться с помощью системы показателей. Эти показатели в оптимальном варианте должны равновелико представлять три основных аспекта такого развития – социальный, экономический и экологический.

5.2. Показатель «экологического следа» и его взаимосвязь с другими индексами устойчивого развития

В 1992 г. канадским экологом и экономистом В. Ризом (William E. Rees; г. р. 1943) были сформулированы (Rees, 1992) представления об «экологическом следе» (ecological footprint; *EF*) территории – мере воздействия человека на среду обитания, которая позволяет рассчитать размеры территории, необходимой для производства потребляемых нами ресурсов и хранения отходов. Экологический след человечества отражает антропогенное давление на биосферу. Выражается через площадь биологически продуктивной территории и акватории, необходимой для производства используемых человеком ресурсов и услуг (продовольствия, древесины, морепродуктов, земли для строительства и пр.) и ассимиляции отходов (оценивается, в первую очередь, по поглощению диоксида углерода), и измеряется в глобальных гектарах на человека (гга/чел.; гга – гектар со средней способностью к производству ресурсов и ассимиляции отходов). В 2007 г. глобальный экологический след составил (Ewing et al., 2010) почти 18 млрд. гга или 2,7 гга / чел., в то время как общая площадь продуктивных территорий и акваторий планеты (её биоемкость) составила около 12 млрд. гга или 1,8 гга / чел.

Оценка этого показателя для основных территорий Волжского бассейна и сравнительный анализ с некоторыми другими индексами устойчивого развития (Костина и др., 2014) проведена с помощью ЭИС REGION (табл. 30). Второй и третий столбцы таблицы 30 представляют собой суммы баллов показателей (см. примечание табл. 30). Окончательный показатель *EF* получается путем суммирования этих баллов и линейного преобразования их в гга / чел.

«Экологический след» территорий Волжского бассейна
и некоторых стран мира в 2010 г. (<http://ecocrisis.files.wordpress.com/2012/01/personal-fp.png>)

Административные единицы	<i>Со</i>	<i>Сж</i>	<i>EF</i>
Астраханская область	16	8	4,9
Владимирская область	23	28	10,4
Волгоградская область	13	21	6,9
Ивановская область	13	18	5,6
Калужская область	22	21	8,7
Кировская область	14	5	3,9
Костромская область	17	4	4,3
Московская область	12	62	15,0
Нижегородская область	16	18	6,9
Пензенская область	16	13	5,9
Пермский край	18	9	5,5
Республика Башкортостан	19	22	8,3
Республика Марий Эл	23	11	6,9
Республика Мордовия	22	14	7,3
Республика Татарстан	22	29	10,4
Рязанская область	21	16	7,5
Самарская область	26	34	12,2
Саратовская область	15	14	5,9
Тверская область	13	11	4,9
Тульская область	10	43	10,8
Удмуртская Республика	18	15	6,7
Ульяновская область	18	16	6,9
Чувашская Республика	22	32	11,0
Ярославская область	26	23	9,9
Волжский бассейн			7,7
Россия			4,4

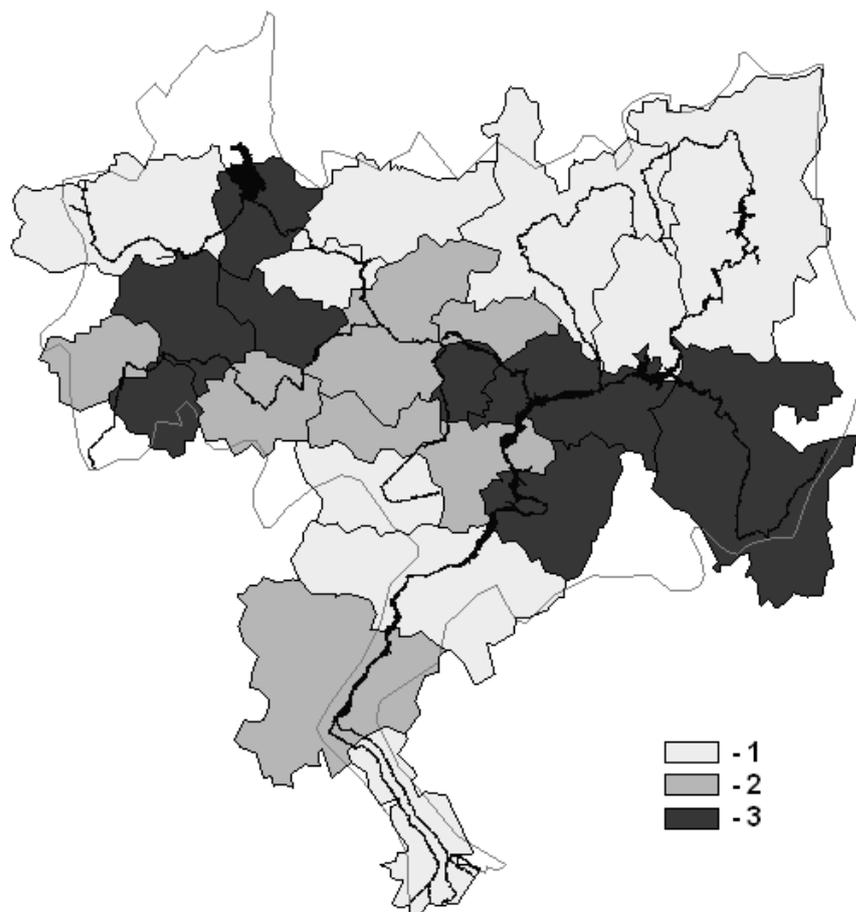
Примечания: *EF* - экологический след, (удельный, га/чел.); *Со* — характеристика среды обитания: водная поверхность (%), посевные площади с/х культур (100 га/кв. км), лесистость (%), доля ООПТ (%); *Сж* — «Следы жизнедеятельности» человеческого социума: автомобильные дороги (км/1000 кв.км), железные дороги (км/1000 км²), выбросы в атмосферу (т/км²), сброс загрязненных вод (тыс.м³/км²), образование токсичных отходов (т/км²).

	<i>EF</i>
Волжский бассейн	7,7
Россия	4,4
ОАЭ	10,68
Катар	10,51
Дания	8,26
США	8,00
Эстония	7,88
Канада	7,01
Австралия	6,84
Кувейт	6,32
Ирландия	6,29
Нидерланды	6,19
Финляндия	6,16
Швеция	5,88
Чехия	5,73
Мир в целом (2007 г.)	2,7

На рисунке 96 представлено распределение параметра «экологического следа» по территории Волжского бассейна; оно весьма наглядно и не требует подробного комментария.

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

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



1 – $EF < 6,8$; 2 – $EF = [6,8 \div 9,7]$; 3 – $EF > 9,7$

Рис. 96. Распределение показателя «экологического следа» по территории Волжского бассейна

Для более детальной интерпретации полученного результата была рассмотрена зависимость параметра «экологического следа» от других индексов устойчивого развития:

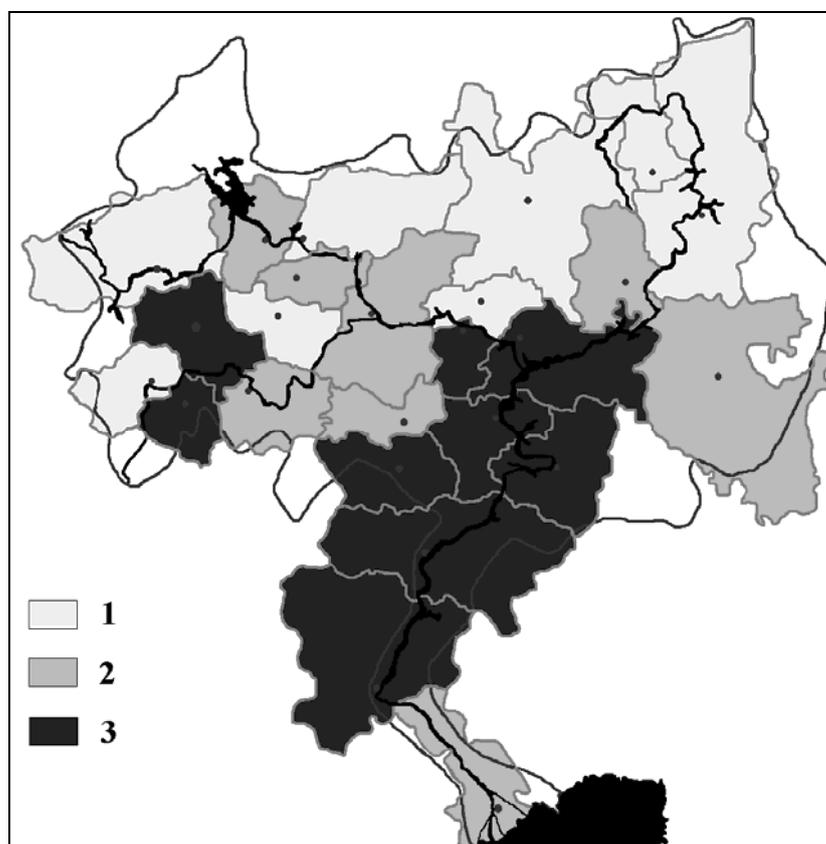
- индекса развития человеческого потенциала (**HDI**, см. раздел 5,1);
- обобщенных функций желательности (**D₅** и **D₇**, см. раздел 4.2);
- индекса соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» (**G**, [Розенберг, 2009]);
- индекса антропогенной преобразованности территории (**I_{an}**, см. табл. 1);

- ожидаемой продолжительности предстоящей жизни населения (X_2) - специальный показатель, используемый для *оценки состояния здоровья населения*; выражается числом лет, которое в среднем предстоит прожить определенной совокупности лиц, родившихся или достигших одного возраста в данном календарном году, при условии, что на всем протяжении их жизни смертность в каждой возрастной группе будет такой же, как в этом году;
- заболеваемость населения на 1000 чел. населения: зарегистрировано больных с диагнозом, установленным впервые в жизни (PM , [Заболеваемость населения..., 2010]).

Заметим, что *обобщенные функции желательности* (D_5 и D_7) по своей логике построения близки к *индексу соотношения «антропогенной нагрузки»* и *«экологической емкости»*. Индекс G 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).

Можно несколько модифицировать *индекс антропогенной преобразованности территории* (I_{an}) и добавить в сумму еще один член $R_i S_i / S$, где $R_6 = 10$ – ранговый показатель для ООПТ региона. Чем выше I_{an} , тем меньше антропогенная преобразованность (с учетом ООПТ максимум I_{an} может быть равен 10, если вся территория субъекта федерации отнесена к ООПТ). Тот факт, что «чем выше I_{an} , тем меньше антропогенная преобразованность территории», делает этот показатель неудобным (не логичным); более корректным будет, например, $\bar{I}_{an} = 10 - I_{an}$. Тогда все «встает на свои места»: минимальное значение $\bar{I}_{an} = 5,73$ отмечается для Костромской области с минимальной антропогенной преобразованностью территории, а максимальное $\bar{I}_{an} = 7,50$ – для Волгоградской с наибольшей антропогенной преобразованностью территории

(рис. 97). Заметим, что этот показатель был предложен еще в 1986 г., т. е. за несколько лет до «модного» сегодня показателя «экологического следа».



1 – до 6,32; 2 – 6,32-6,91; 3 – больше 6,91

Рис. 97. Индекс антропогенной преобразованности территории $\overline{I_{an}}$

В таблице 30 приведены коэффициенты линейной корреляции оценки «экологического следа» для территорий Волжского бассейна и 7-ми вышеупомянутых показателей устойчивого развития этих же регионов.

Полученные результаты наглядны и ожидаемы. Наиболее тесная связь EF наблюдается с индексом соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости» (G), а также функцией желательности D_7 , которые в равной степени учитывают и природные компоненты, и антропогенную нагрузку. С другой стороны, EF не связан с общей заболеваемостью населения (PM), что не позволяет использовать его в качестве «универсального» индекса.

Таблица 30.

Достоверные (90% уровень значимости) корреляционные связи «экологического следа» (*EF*) территорий Волжского бассейна с некоторыми индексами устойчивого развития (Костина и др., 2014)

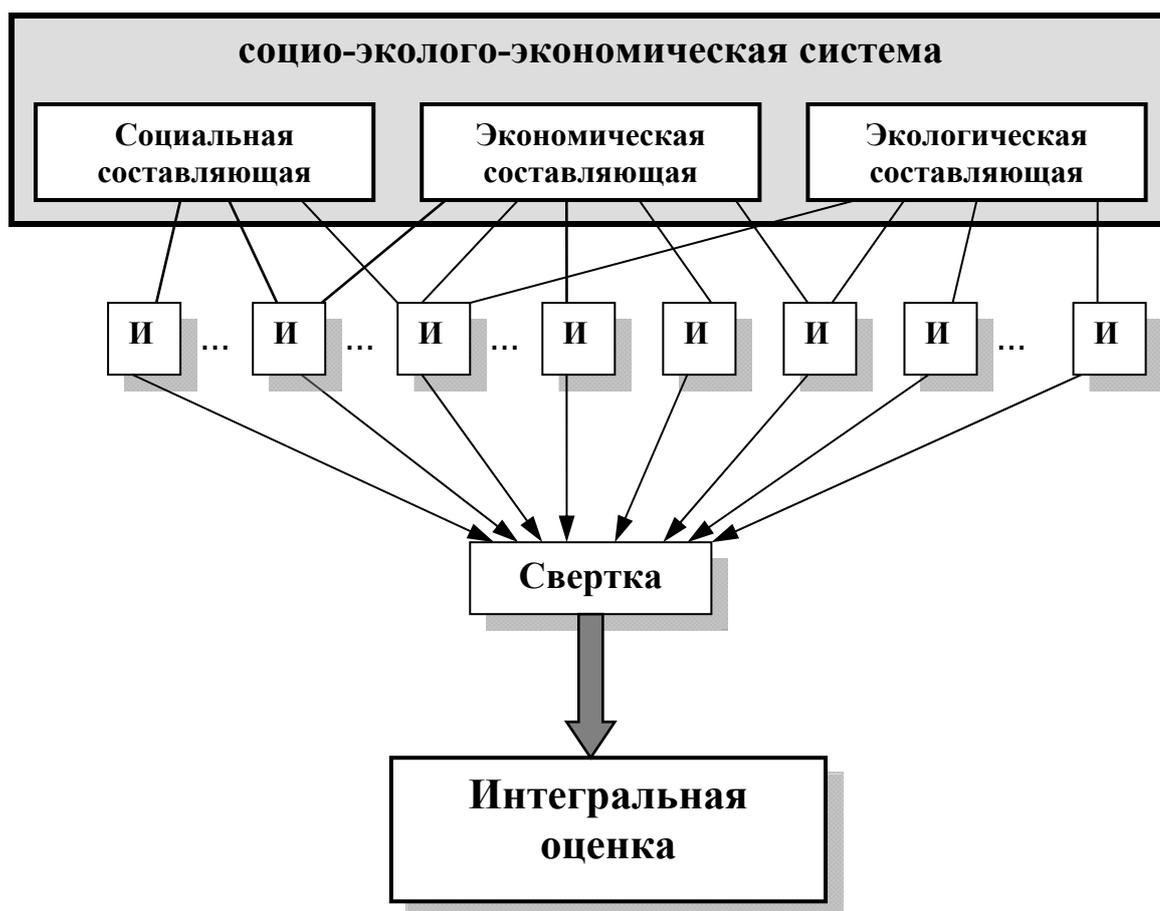
	<i>HDI</i>	<i>D₅</i>	<i>D₇</i>	<i>G</i>	<i>I_{an}</i>	<i>X₂</i>	<i>PM</i>
<i>EF</i>	0,32	0,38	0,45	-0,55	-	-	-

Как и любой индекс, который заведомо упрощает ситуацию (попытка охарактеризовать сложную систему одним числом, что противоречит системологическим представлениям), экологический след весьма неоднозначен, но его применение в мире довольно широко распространено (Chambers et al., 2000; Van Vuuren, Smeets, 2000; Bagliani et al., 2005 и др.). Как было показано на примере Волжского бассейна, «экологический след» хорошо «встраивается» в систему индексов устойчивого развития территорий, что позволяет рекомендовать его к более широкому использованию у нас в стране.

5.3. Интегральная оценка индексов устойчивого развития территорий Волжского бассейна

Любой индекс или индикатор в отдельности не удовлетворяет требованию максимально охарактеризовать все три составляющие устойчивого развития (социальную, экономическую, экологическую). В связи с этим актуальной задачей становится подбор такой системы индикаторов и индексов, которая бы могла оптимально описать эмерджентные свойства социо-эколого-экономических систем. Просматриваются два пути решения. Первый — конструирование «универсального» индекса путем аргументированного добавления новых параметров в расчетную формулу уже существующего и общепризнанного индекса. Второй — использование своеобразного «мозгового штурма» совокупности индексов и индикаторов, определяющих устойчивое развитие. При этом подходе учитывается «мнение» каждого рассматриваемого индекса и индикатора. Такой метод близок к предложенной ранее процедуре экологического прогнозирования — «модельный штурм» (Брусиловский, Розенберг, 1983). Тем самым, при рассмотрении набора индексов и индикаторов, гарантируется наиболее полная характеристика системы (рис. 98) через гибридизацию системы показателей устойчивого развития регионов (Розенберг, 2002).

При реализации второго подхода существенное значение приобретает выявление минимально необходимого множества и выбор метода комплексного анализа, который учитывал бы взаимозависимость значений индексов и индикаторов. Отметим, что множество не должно быть слишком избыточным.



И - индексы и индикаторы

Рис. 98. Схема интегральной оценки на основе индексов и индикаторов устойчивого развития

Воспользуемся некоторым подмножеством (табл. 31) общепризнанных индикаторов, «популярных» в настоящее время индексов, а также комплексными показателями, которые получены тем или иным методом (в том числе и с помощью ЭИС REGION) для территории Волжского бассейна. Устойчивому развитию этой территории посвящен целый ряд работ (Устойчивое развитие..., 1998, 2012; Розенберг, 2009, 2006; Розенберг и др., 1996, 1999, 2000, 2003, 2004, 2006, 2010, 2011, 2015, 2016; Костина и др., 2011; Кудинова, 2013 и др.).

Исходное подмножество не претендует на всеобъемлющий охват всех характеристик и параметров социо-эколого-экономической системы, однако удовлетворяет требованию представленности по трем составляющим.

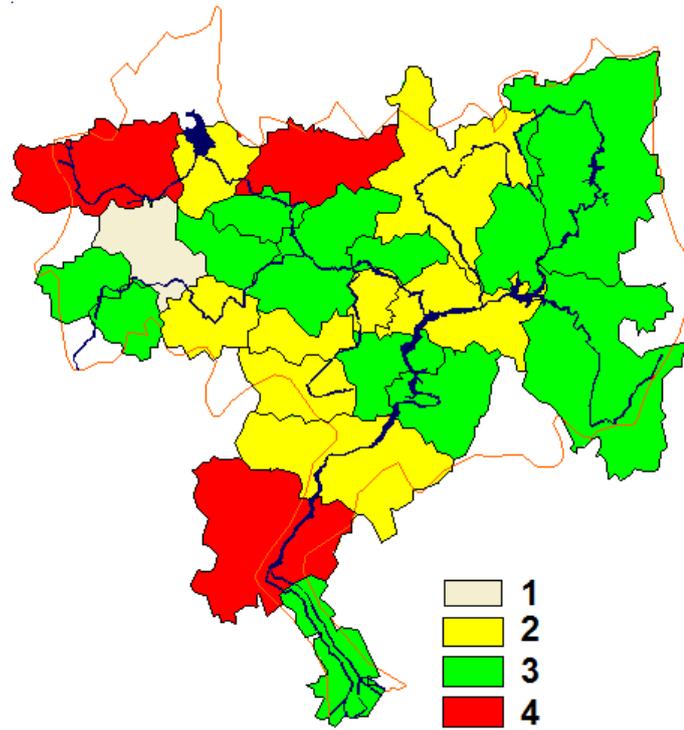
Таблица 31.

Список рассматриваемых индексов и индикаторов

I₁	Доля особо охраняемых территорий
I₂	Коэффициент младенческой смертности
I₃	Общая заболеваемость населения
I₄	Оценка показателя «экологического следа»
I₅	Экологическая оценка территорий Волжского бассейна с использованием обобщенной функции желательности
I₆	Индекс преобразованности территории
I₇	Модификация I₆ с учетом территорий максимальной сохранности
I₈	Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП)
I₉	Индекс «плотности культуры»

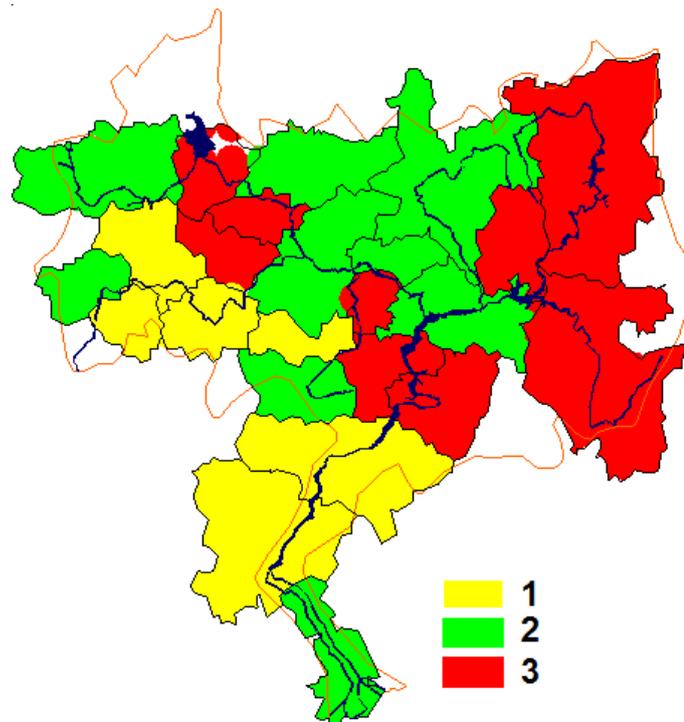
Доля особо охраняемых территорий (**I₁**) рассматривается как индикатор сохранения основных компонентов естественных экосистем и их биоразнообразия. В данном случае учитывались площади заповедников и национальных парков (рис. 80). Отметим, что немаловажную роль играют и памятники природы федерального и регионального уровня. Их площади, как правило, невелики, но они вносят свой вклад в сохранение редких видов и их среды обитания, следовательно, являются ключевыми «точками» для поддержания соответствующих естественных экосистем.

Индикаторы (**I₂**, **I₃**) косвенно характеризуют «качество» жизни человеческой популяции, отражают в основном социально-экономическую составляющую, а также «комфортность» окружающей среды (рис. 99 и 100).



1 – от 3 до 5; 2 – от 5 до 7; 3 – от 7 до 9; 4 – более 9

Рис. 99. Коэффициент младенческой смертности



1 - от 662 до 784; 2 - от 784 до 906; 3 - более 906

Рис. 100. Общая заболеваемость населения
(на 1000 чел., с диагнозом, установленном впервые)

Четыре индекса (комплексных показателя) отражают в основном антропогенное воздействие на окружающую среду по разным параметрам деятельности человека.

В качестве показателя «экологического следа» (I_4) в анализ была включена его оценка (см. раздел 5.2., рис. 96).

«Нежелательные» воздействия (выбросы в атмосферу твердых загрязняющих веществ, окиси углерода от стационарных источников; объем загрязненных сточных вод; необезвреженные отходы производства и потребления; число зарегистрированных экологических преступлений) в сочетании с «желательными» мероприятиями (текущие затраты на охрану окружающей среды; площадь зеленых массивов и насаждений в городах) учтены в индексе I_5 (см. раздел 4.2, рис. 90).

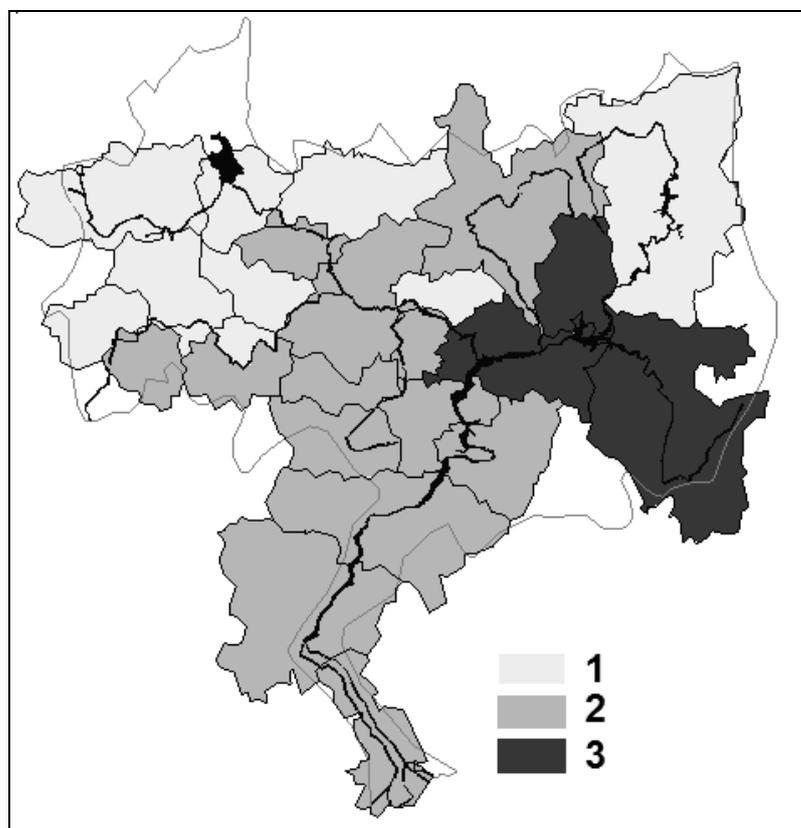
Индекс (I_6) преобразованности территории (Иванова, 1986) учитывает площади, занятые дорогами, сельскохозяйственными угодьями, пастбищами, сенокосами, лесами с соответствующими рангами (R), которые можно интерпретировать как «весовые» коэффициенты:

$$I_{\text{ан}} = \sum_{i=1}^n R_i S_i ,$$

где S_i – доля площади земельного фонда территории под хозяйственной деятельностью, R_i – ранговые показатели (для дорог $R = 1$, для сельскохозяйственных угодий $R = 2$, для пастбищ $R = 3$, для сенокосов $R = 4$, для лесов $R = 5$).

В расчете этого индекса по территории Волжского бассейна (рис. 101) учитывались следующие показатели: доля пашни ($R=2$), пастбищ ($R=3$), сенокосов ($R=4$), автомобильных и железных дорог ($R=1$). Использование лесов в хозяйственных целях учитывалось как площадь утраченных лесов за последние 300 лет (Розенберг, 2009; Розенберг А. и др., 2016). За этот период площадь территорий, занятых лесами, сократилась в некоторых рассматриваемых регионах более чем в два раза (Республика Татарстан, Самарская, Саратов-

ская, Волгоградская обл.). В индекс была включена именно эта доля потерянного лесного фонда ($R=5$).



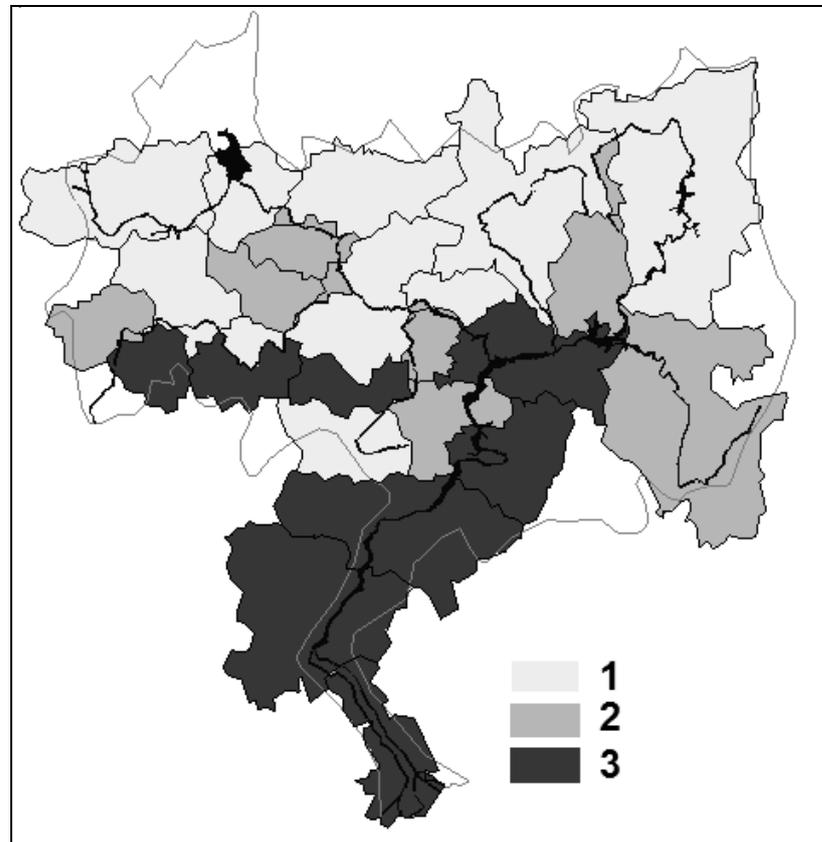
1 – от 0,6 до 1,7; 2 – от 1,7 до 2,9; более 2,9

Рис. 101. Индекс преобразованности территории (I_6)

Индекс I_7 (рис. 102) является модификацией I_6 . Здесь намеренно не учитывалась доля лесов, в силу различных природно-климатических условий отдельных регионов Волжского бассейна. Добавлено еще одно слагаемое ($R=10$) — доля природных территорий максимальной сохранности.

Известный индекс развития человеческого потенциала (I_8) является интегральным показателем, отражающим социальное благополучие населения. Входящие в расчетную формулу индекс валового продукта на душу населения показывает экономическую результативность деятельности людей, индекс продолжительности жизни — состояние физического, психологического и со-

циального здоровья населения, индекс образования – профессиональный и культурный потенциал населения, качество трудовых ресурсов.



1 – от 0,5 до 1; 2 – от 1 до 1,5; 3 – более 1,5

Рис. 102. Модифицированный индекс преобразованности территории (I_7)

Индекс «плотности культуры» (I_9) характеризует социо-культурный потенциал (см. раздел 4.3, рис. 93). Этот индекс для рассматриваемой территории получен на основе распределения числа учреждений здравоохранения, образования, культуры и спорта, отнесенных к площади региона.

Отметим, что каждый из вышеперечисленных индексов обладает своей спецификой, которая состоит не только в способе вычисления, но и в том, какие «ключевые» параметры входят в расчет.

В качестве методов интегральной оценки использовался корреляционный и факторный анализ, а также обобщенная функция желательности (рис. 103).

Алгоритм интегральной оценки проводился по следующей схеме:

1. Вводятся два объекта — «критическое» и некоторое «эталонное» состояния, и фиксируются соответствующие значения для каждого рассматриваемого индекса и индикатора.

2. С помощью корреляционного анализа выделяются ключевые индексы и индикаторы.

3. В силу взаимозависимости индексов и индикаторов с использованием факторного анализа определяется «пространственное» расположение анализируемых объектов (административных единиц). Производится интерпретация факторного пространства.

4. С использованием евклидовой метрики определяется близость объектов к «критическим» и «эталонным» значениям.

5. Экспертным путем или с использованием статистических методов осуществляется классификация (группировка объектов) и формулирование дальнейших стратегий развития.

6. Социо-эколого-экономическое состояние анализируемых объектов оценивается по функции желательности.

7. Осуществляется построение регрессионных моделей на значениях выбранных индексов и индикаторов устойчивого развития.

8. Рассматриваются сценарии развития при возможных изменениях отдельно взятых индексов и индикаторов.

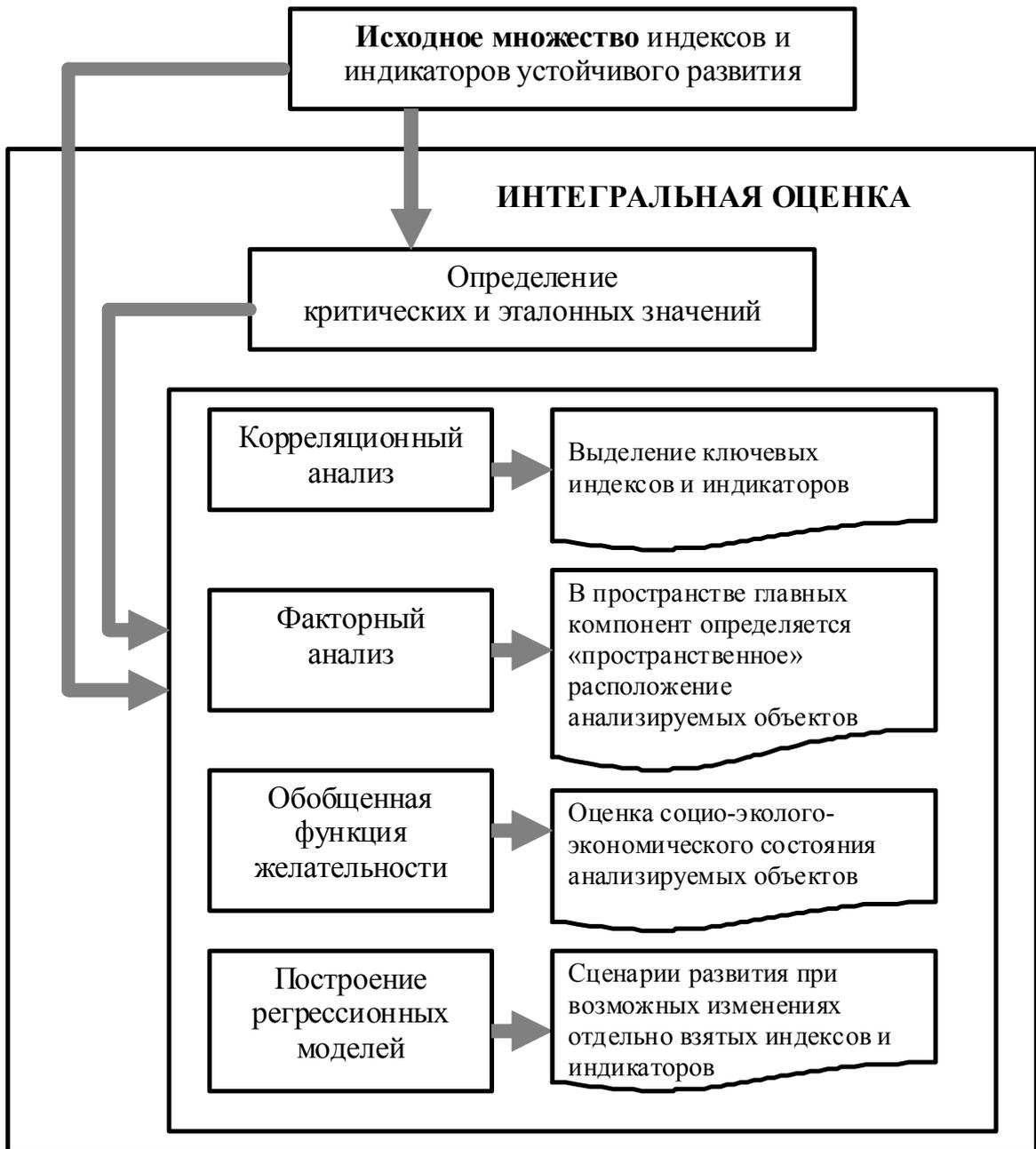


Рис. 103. Схема интегральной оценки

Для интегральной оценки социо-эколого-экономического состояния территорий Волжского бассейна, согласно приведенному выше алгоритму, введены два объекта – «критическое» (К) и некоторое «эталонное» (Э) состояния. Зафиксированы значения для каждого рассматриваемого индекса и индикатора (табл. 32). Например, для «эталонного» состояния значение $I_1 = 0,3$, что соответствует нормативу — не менее 10% всей площади региона

(Parks for Life..., 1992). Желаемое ориентировочное значение индекса «плотность культуры» приравнена к величине Московской области как авангарда культуры, спорта, здравоохранения и образования в нашей стране.

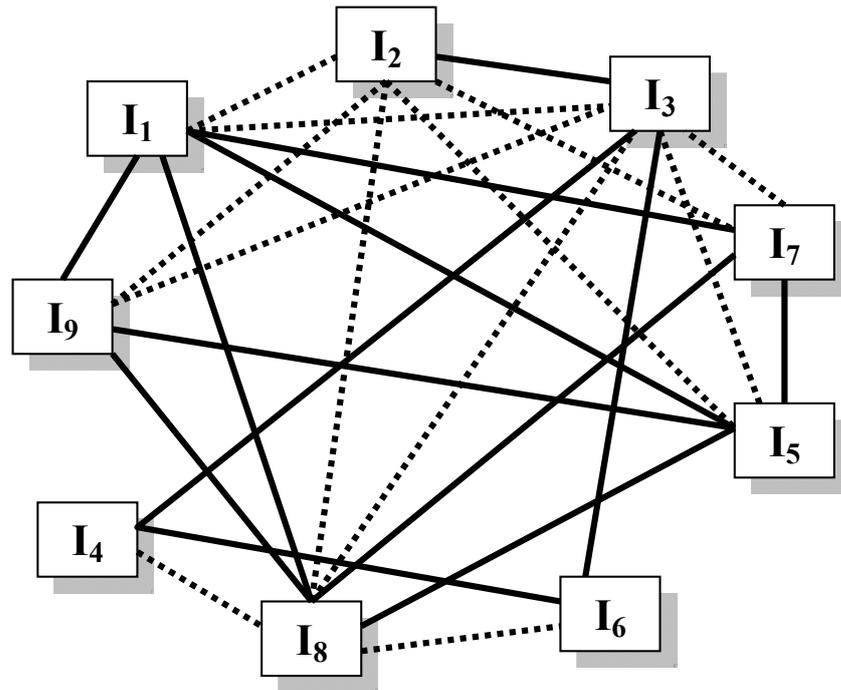
Таблица 32.

«Эталонные» и «критические» значения рассматриваемых индексов и индикаторов

	I₁	I₂	I₃	I₄	I₅	I₆	I₇	I₈	I₉
Э	0,3	1	450	1,8	0,8	0,3	3	1	13
К	0	12	1500	20	0,2	5	0,5	0,6	1

Первоначально, с учетом введенных объектов (**Э** и **К**), определены величины корреляции индексов и индикаторов. Положительные и отрицательные связи (достоверные коэффициенты корреляции) индексов и индикаторов (рис. 104) показывают «внутреннюю» взаимозависимость рассматриваемой совокупности. Такой анализ позволил сделать вывод, что индикатор **I₃** (общая заболеваемость населения) и индекс **I₈** (ИРЧП), которые связаны со всеми разбираемыми индексами и индикаторами (8 связей), можно рассматривать как ключевые.

Полученный результат классификации (рис. 105) отражает интерпретацию факторного пространства (рис. 106). В пространстве двух главных компонент, объясняющих 72,6% дисперсии, фактор 1, задаваемый главным образом множеством $\{I_1, I_5, I_8, I_9\}$, можно условно интерпретировать как «позитивную» составляющую устойчивого развития, а фактор 2, представленный множеством $\{I_3, I_4, I_6\}$, как «негативную».



сплошная линия - положительная связь;
пунктирная линия - отрицательная связь

Рис. 104. Корреляционный граф индексов и индикаторов
(с учетом Э и К)

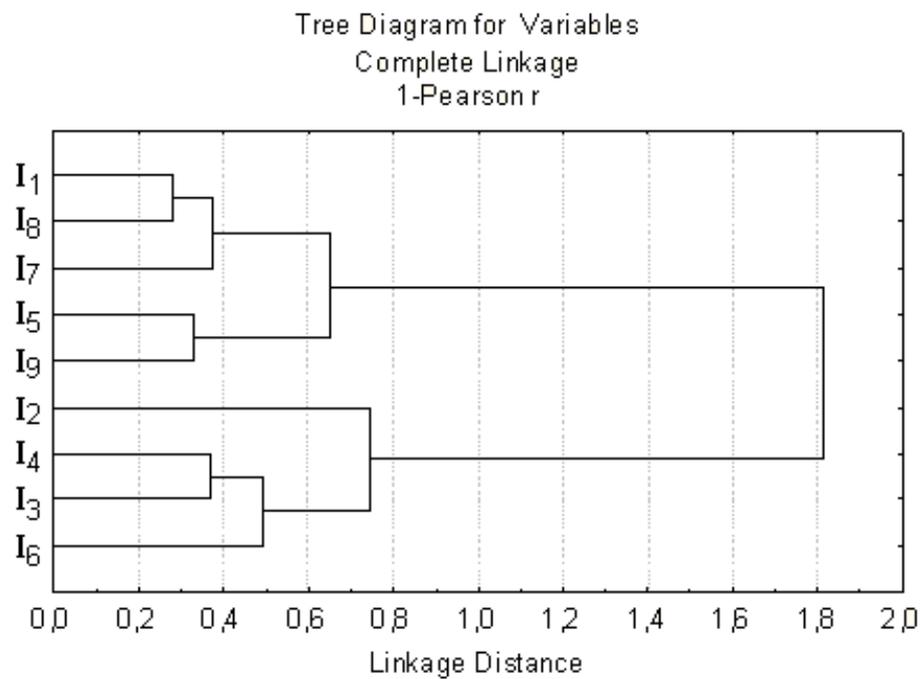


Рис. 105. Дендрограмма сходства индексов и индикаторов

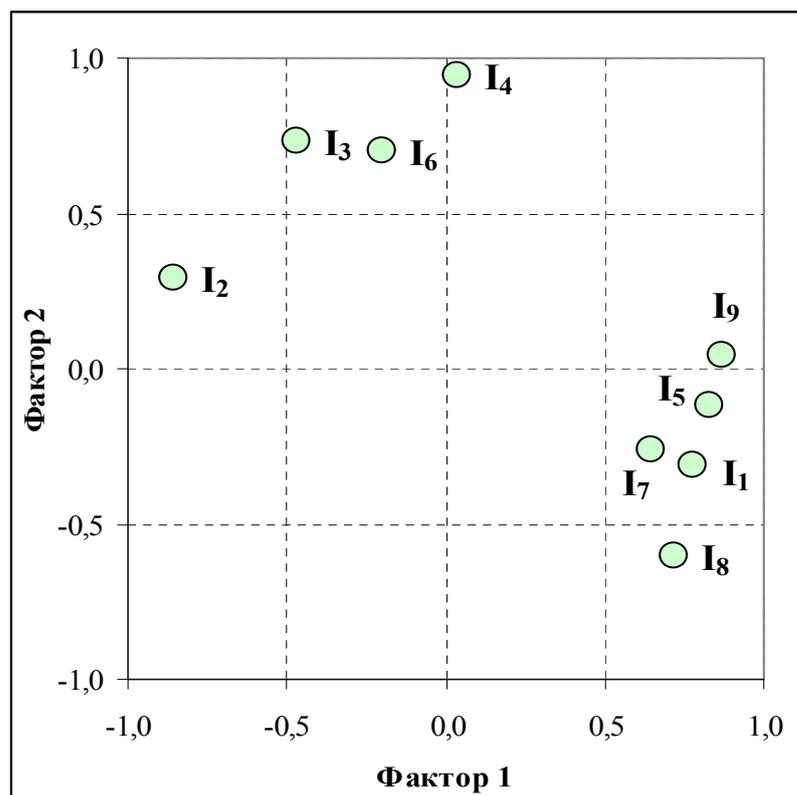
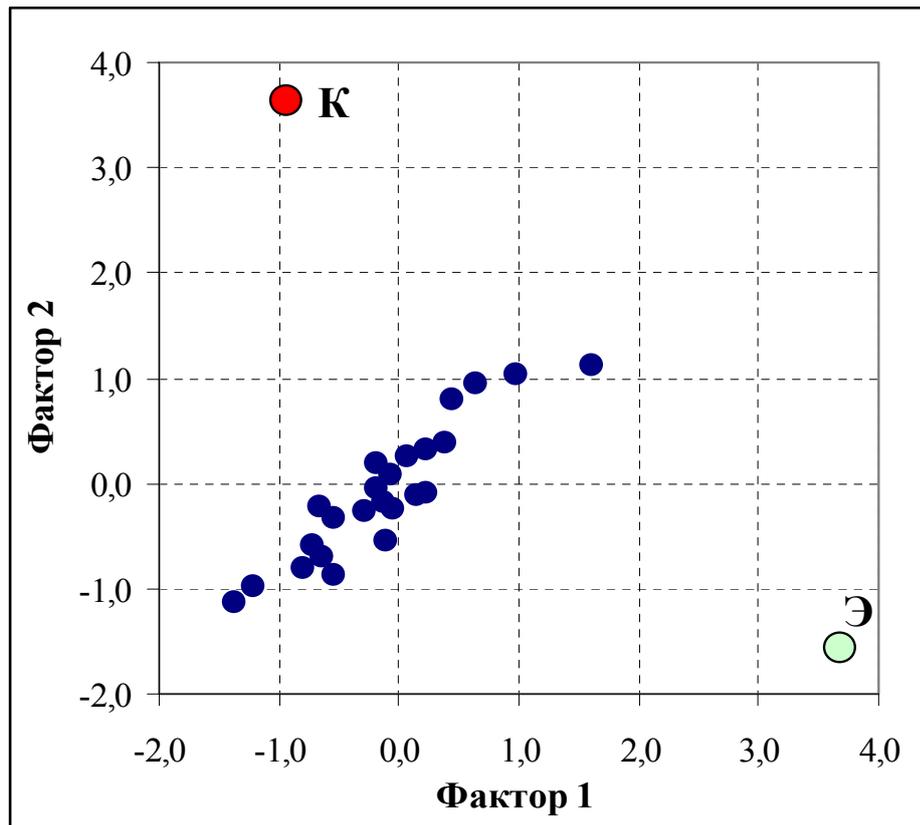


Рис. 106. Интерпретация факторного пространства

Расположение административных единиц Волжского бассейна в пространстве двух главных компонент представлено на рисунке 107. Приближение к «эталонному» состоянию (рис. 108) в силу разного «местоположения» административных единиц требует различных видов стратегий (выбор управленческих решений), которые приведут к улучшению состояния сразу по комплексу индексов и индикаторов.

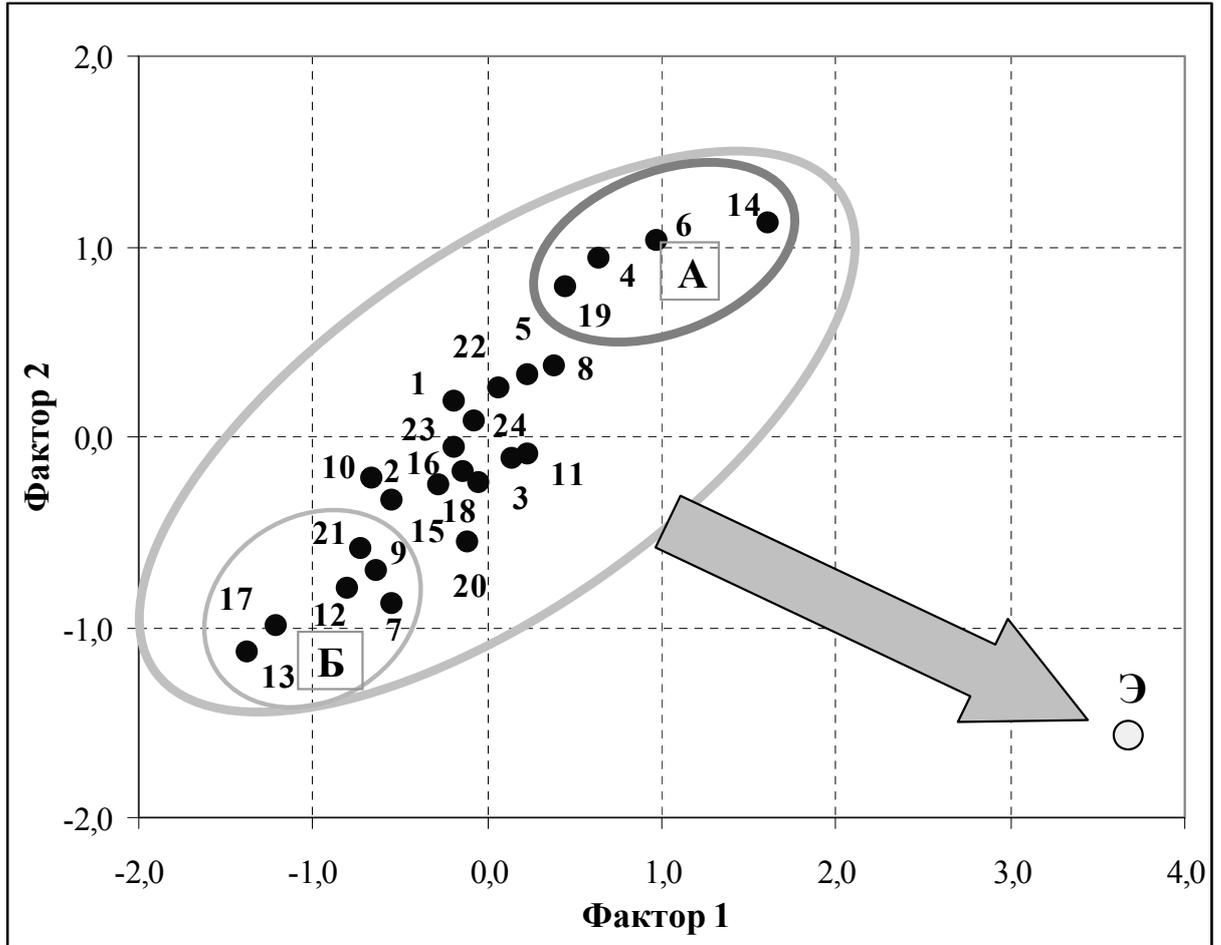
Соизмерение «экологической емкости» и «антропогенной нагрузки» через имеющиеся косвенные показатели, отражающие реальное социо-эколого-экономическое состояние территории, демонстрирует тот факт, что индексы и индикаторы находятся в определенной взаимосвязи друг с другом. Стремление «подтянуть» один из индексов к эталонному состоянию, а, следовательно, изменить значения «базовых» параметров, приводит к «корректировке» (и не всегда в лучшую сторону) значений других показателей.



К — критическое состояние; Э — эталонное состояние

Рис. 107. Расположение административных единиц Волжского бассейна в пространстве двух главных компонент

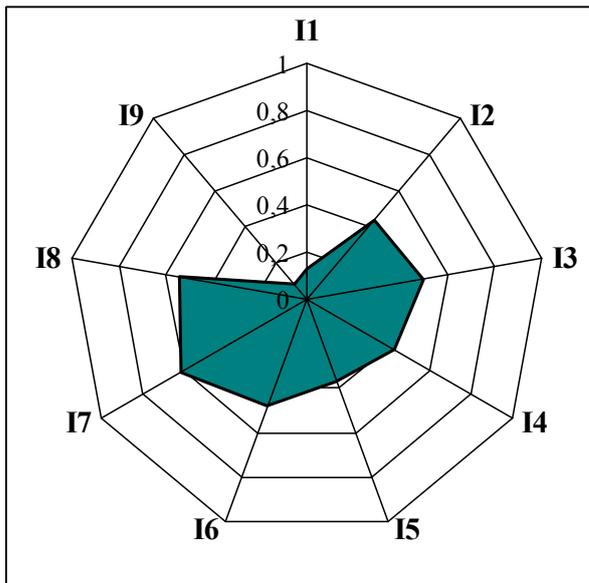
Из проведенного анализа по выбранным индексам и индикаторам (Костина, Розенберг, 2015; Костина и др., 2016) просматривается две стратегии управления (рис. 106). В первую группу входят Республики Татарстан и Чувашия, Московская и Самарская области. Этим регионам следует особое внимание уделять финансовым вложениям в улучшение «качества жизни» путем стабилизации и снижения степени антропогенной нагрузки на территорию, например, улучшить режим охраны существующих ООПТ и увеличить количество заказников, памятников природы и др. (стратегия А). Второй группе (Астраханская, Волгоградская, Кировская, Тверская и Костромская области и Пермский край) целесообразно делать вложения финансов и ресурсов в образование населения, увеличивать среднюю продолжительность жизни и доходы населения (стратегия Б).



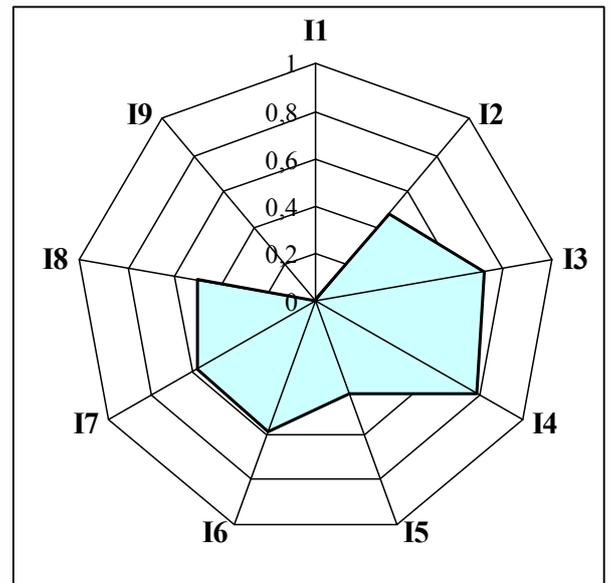
Цифрами обозначены административные единицы (Республики: 1 - Башкортостан, 2 - Марий Эл, 3 - Мордовия, 4 - Татарстан, 5 - Удмуртия, 6 - Чувашия; области: 7 - Астраханская, 8 - Владимирская, 9 - Волгоградская, 10 - Ивановская, 11 - Калужская, 12 - Кировская, 13 - Костромская, 14 - Московская, 15 - Нижегородская, 16 - Пензенская, 17 - Пермский край, 18 - Рязанская, 19 - Самарская, 20 - Саратовская, 21 - Тверская, 22 - Тульская, 23 - Ульяновская, 24 - Ярославская); стрелкой показан «путь к эталону»; А, Б — территориальные совокупности по типам стратегии развития

Рис. 108. Ординация территорий Волжского бассейна

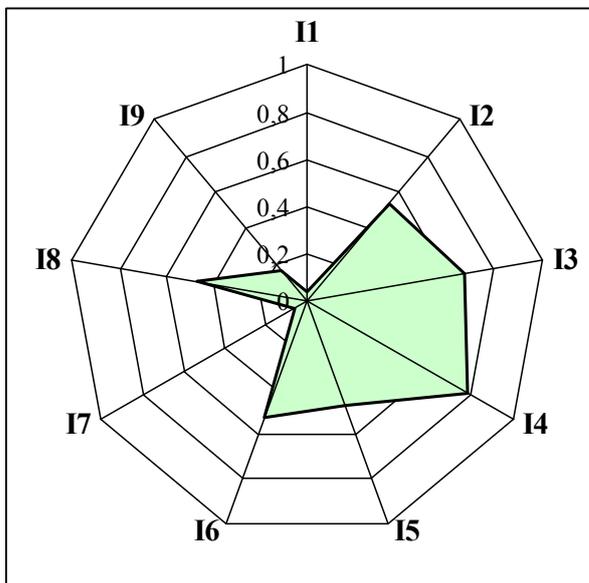
Социо-эколого-экономическое состояние некоторых областей (Московской, Самарской, Саратовской и Пензенской) в пространстве рассматриваемых индексов и индикаторов показано на рисунке 109 и в особых комментариях не нуждается.



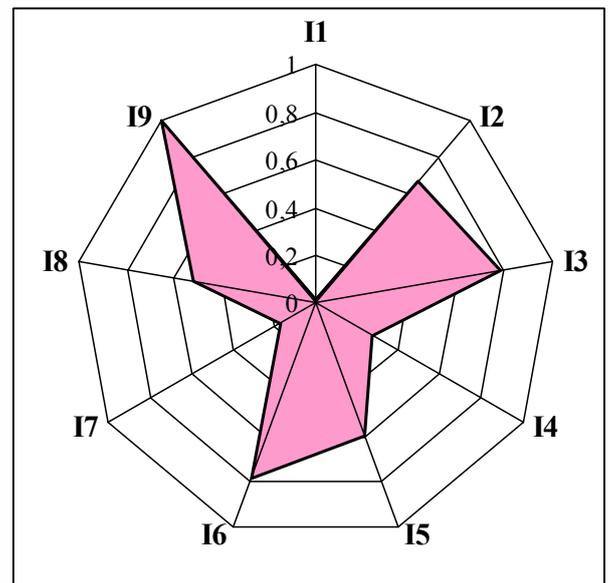
Самарская область



Саратовская область



Пензенская область



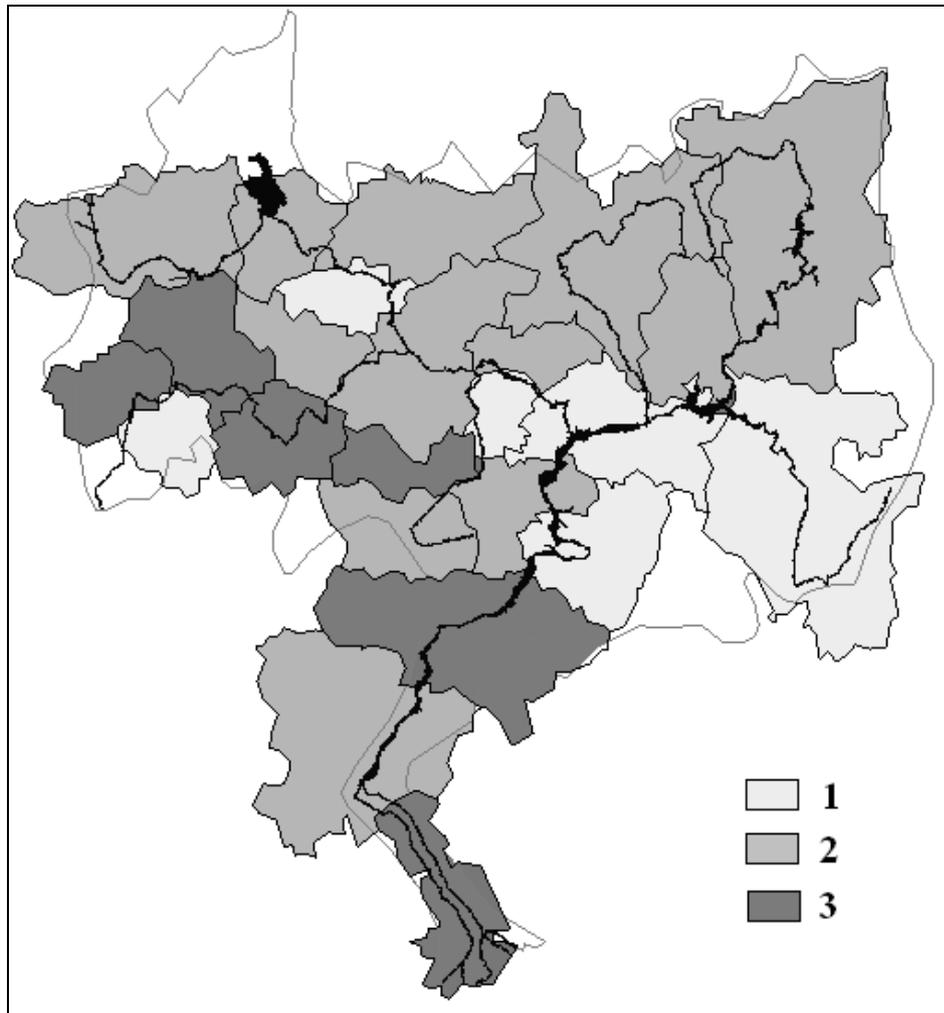
Московская область

в центре диаграммы – критическое состояние,
внешняя граница – эталонное состояние;
значения индексов нормированы на единичный интервал

Рис. 109. Социо-эколого-экономическое состояние в пространстве рассматриваемых индексов и индикаторов

Следующим шагом анализа состояния устойчивого развития административных единиц Волжского бассейна явилось использование евклидовой метрики (расстояние до объектов Э и К) в полученном пространстве двух главных компонент. Результат демонстрирует слабо выраженную дифферен-

циацию регионов. Однако можно условно выделить три категории (рис. 110): 1 — наихудшее (объекты, расположенные ближе к «критическому» состоянию); 2 — среднее (объекты, расположенные ближе к «эталонному» состоянию); 3 — наилучшее состояние (объекты, расположенные наиболее близко к «эталонному» состоянию).



1 — наихудшее состояние (ближе к К);
3 — наилучшее состояние (ближе к Э)

Рис. 110. Оценка устойчивого развития региональных социо-эколого-экономических систем Волжского бассейна

Расчет обобщенной функции желательности по совокупности индексов и индикаторов $\{I_2, I_4, I_6, I_7, I_8, I_9\}$ с учетом корреляции (рис. 105) показал, что все региональные единицы относятся к группе «удовлетворительного» со-

стояния. Это подтверждает уже полученный выше результат, иллюстрируемый рисунком 107.

Отметим, что по отношению к разным странам, например, сравнение провинций бассейна реки Янцзы (Китай) и административных единиц Волжского бассейна (РФ) по социо-эколого-экономическим параметрам приводит к следующему выводу: различия в исторически сложившихся условиях ведения хозяйства в Китае более вариабельны, чем на территории Волжского бассейна (Розенберг и др., 2014; Кудинова и др., 2016).

Таким образом, проведенная интегральная оценка на основе взятых в рассмотрение индексов и индикаторов устойчивого развития показала схожесть состояний административных единиц Волжского бассейна. Это, в первую очередь, отражает примерно одинаковое социо-эколого-экономическое развитие, задаваемое едиными политико-экономическими решениями. Очевидно, что чем больше проявление «позитивной» составляющей по отношению к цивилизационному развитию, тем больше и «негативной» составляющей по отношению к состоянию окружающей среды (рис. 108). По небольшим различиям выделено три группы регионов (рис. 110). Для каждого отдельно взятого региона важно выработать свою индивидуальную стратегию устойчивого развития.

Сценарное развитие социо-эколого-экономической системы Самарской области на основе полученной в ЭИС REGION модели показывает, что при реализации стратегии А, включающей, например, увеличение площади ООПТ до 30%, приводит к изменению «местоположения» указанного региона (рис. 111). При этом должно наблюдаться уменьшение коэффициента младенческой смертности (I_2) на 9%. Также уменьшится величина «экологического следа» (на 19%), незначительно увеличится ИРЧП (рис. 112).

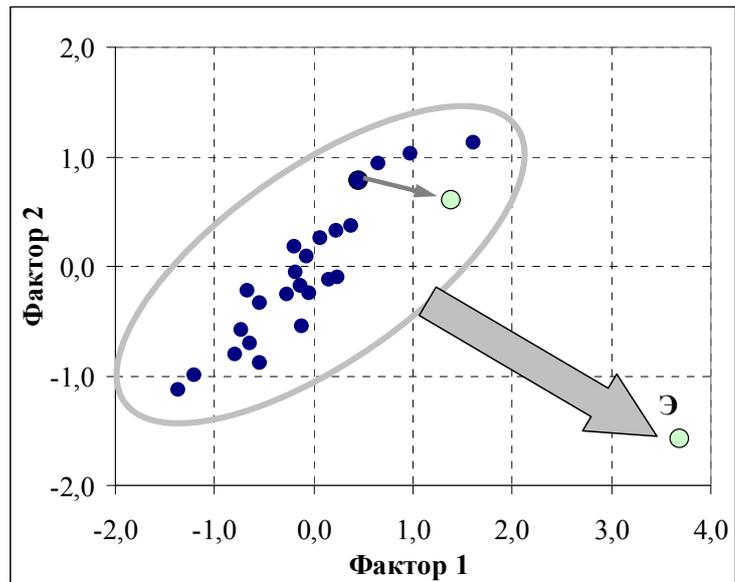


Рис. 111. Изменение «местоположения» Самарской области при увеличении доли ООПТ до 30%



1 – текущее состояние; 2 – прогноз изменений;
 в центре диаграммы – критическое состояние,
 внешняя граница – эталонное состояние;
 значения индексов нормированы на единичный интервал

Рис. 112. Сценарный прогноз изменений величин индексов и индикаторов для Самарской области

Проведенный анализ демонстрирует результативность применения интегральной оценки социо-эколого-экономического состояния территории на основе индексов и индикаторов устойчивого развития. При таком комплексном подходе происходит учет прямо или косвенно (в силу сложности взаимодействия) всех трех составляющих (социальной, экономической, экологической).

Таким образом, ЭИС REGION может найти применение в решении следующих задач:

- выявлять общие взаимосвязи индикаторов и индексов устойчивого развития социо-эколого-экономических систем разного масштаба;
- строить модели для прогнозирования изменений при управляющих воздействиях;
- определять варианты стратегии дальнейшего развития изучаемых территорий;
- находить решения сбалансированного функционирования социо-эколого-экономических систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ состояния СЭЭС территорий Волжского бассейна с помощью методов ИЭС REGION позволил провести комплексную оценку состояния СЭЭС территорий разного масштаба. ЭИС REGION, частью которой являются базы данных пространственно распределенной информации, включает в себя инструменты для комплексной экологической оценки состояния региона. Это представляется очень важным для принятия управленческих решений в рамках концепции устойчивого развития, которое подразумевает разумный баланс собственно социо-экономического развития системы и поддержания экологического равновесия территории.

Информационно-статистическая обработка и построение интегральных показателей позволяют ранжировать участки территории с позиции заданных исследований, выявить различия и визуализировать как «благополучные» зоны, так и «нестабильные». Использование прогнозных моделей способствует рассмотрению различных сценариев дальнейшего развития СЭЭС территорий и их отдельных параметров.

ВЫВОДЫ

1. Проанализировано распределение показателей биоразнообразия на примере Самарской области. Построены уравнения статистически значимых зависимостей компонентов биоты от антропогенных и природных факторов. Показано, что видовое разнообразие растений в основном определяется природными факторами (46-50%), а на разнообразие птиц и пресмыкающихся более существенное влияние оказывают антропогенные факторы (26-23%). Проведен сценарный анализ для случаев (уменьшения общей сельскохозяйственной, рекреационной, пестицидной, транспортной нагрузок, уменьшение ущерба окружающей природной среде), при которых увеличивается среднее значение индекса видового разнообразия по всей территории Самарской области.

2. Проведена социо-эколого-экономическая оценка состояния территории Волжского бассейна на основе синтезированных в ЭИС REGION комплексных показателей. Комплексная оценка на 1995 и 2009 годы по 12 показателям, включающим антропогенные, социальные и экономические факторы, демонстрирует улучшение состояния территорий Волжского бассейна. Оценка, полученная с помощью функции желательности, свидетельствует, что наиболее благополучная экологическая обстановка имеет место в Чувашской республике, а самая неблагополучная – в Пермском крае, Тульской и Ивановской областях. Приведена обобщенная картина «эколого-нравственного потенциала» территории в пространстве факторов, которые с той или иной степенью условности можно отнести к характеристикам «экологии культуры».

3. Получены уравнения множественной регрессии зависимости ИРЧП от экологических и социальных факторов для 2000 и 2010 годов. Только два фактора (загрязнение воды и коэффициент рождаемости) достоверно вошли в оба уравнения регрессии. В 2000 г. «социальные» факторы (заболеваемость и рождаемость) дали 41,3% общего варьирования, «экологические» (загрязнение

воды, атмосферы и лесовосстановление) – 32,4%. В 2010 г. к «социальным» (рождаемость, 18,2%) и «экологическим» факторам (загрязнение воды, 4,1%) добавились «экономические» (плотность автомобильных дорог и посевные площади сельскохозяйственных культур), которые дали 43,6% общего варьирования. Проведена оценка по показателю «экологического следа» и показана его взаимосвязь с другими индексами устойчивого развития. Наиболее тесная связь наблюдается с индексом соотношения «антропогенной нагрузки» и «экологической емкости», а также с ранее полученной оценкой по функции желательности, которые в равной степени учитывают и природные компоненты, и антропогенную нагрузку.

4. Предложена и проведена интегральная оценка территории Волжского бассейна на основе 9 индексов и индикаторов устойчивого развития. Наблюдается схожесть в оценке состояний административных единиц Волжского бассейна, что, в первую очередь, отражает примерно одинаковое социо-эколого-экономическое развитие, задаваемое едиными политико-экономическими решениями. По небольшим различиям выделено три группы регионов с различным типом стратегий дальнейшего развития, причем для каждого отдельно взятого региона важно выработать свою индивидуальную стратегию устойчивого развития.

5. Сценарное развитие социо-эколого-экономической системы Самарской области на основе полученной в ЭИС REGION модели показывает, что при реализации стратегии, включающей, например, увеличение площади ООПТ до 30% приводит к уменьшению заболеваемости на 10%. Уменьшится также величина «экологического следа» (на 19%), незначительно увеличится ИРЧП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Н.В. Конспект флоры Республики Марий Эл. – Йошкар-Ола: МарГУ, – 1995. – 192 с.
2. Аверкиев Д.С., Аверкиев В.Д. Определитель растений Горьковской области. Горький, –1985. – 320 с.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, – 1976. – 279 с.
4. Алексеев В.А., Телегина М.В., Янников И.М. Создание базы данных биомониторинга потенциально опасных объектов // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2008. – № 4. – С. 138-143.
5. Алтынбаев Р.Б., Гафуров А.С., Шайхутдинова А.А. Автоматизация системы экологического мониторинга промышленных городских комплексов с применением спутниковых технологий GPS/ГЛОНАСС // Экология и промышленность России. – 2014. – № 12. – С. 17-19.
6. Атлас земель Самарской области / Глав. редактор Л.Н. Порошина. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, – 2002. – 100 с.
7. База эколого-экономических данных крупного региона (методическое пособие). Тольятти: АН СССР, – 1991. – 54 с.
8. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, – 1993. – 293 с.
9. Байбаков Э.И., Рубцов В.А., Филиппова Е.А. Опыт применения социально-экологических индикаторов в оценке развития субъектов Приволжского федерального округа // Экологический консалтинг. – 2011. – № 4. – С. 11-17.
10. Бакиев А.Г., Гаранин В.И., Литвинова Н.А., Павлов А.В., Ратников В.Ю. Змеи Волжско-Камского края. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, – 2004. – 192 с.

11. Бакиев А.Г., Файзулин А.И. Земноводные и пресмыкающиеся Самарской области: Методическое пособие. 2-е изд. – Самара: ОРФ «Самарская Лука», – 2002. – 68 с.
12. Баранова О.Г., Пузырев А.Н. Конспект флоры Удмуртской республики (сосудистые растения): Монография. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, – 2012. – 212 с.
13. Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В., Данилов-Данильян В.И., Степановская И.А. Некоторые научно-технологические проблемы проектирования, создания и функционирования систем мониторинга водных объектов. III. Развитие информационной системы экологического мониторинга водных объектов // Вода: химия и экология. – 2009. – № 10. – С. 2-10.
14. Басуров В.А. Экологическое зонирование территорий природно-антропогенных объектов с учетом роли сохранившихся естественных экосистем (на примере Нижегородской области): дис. ... кандидата биол. наук. – Н.Новгород, – 2002. – 197 с.
15. Березуцкий М.А. Антропогенная трансформация флоры // Ботанический журнал, – 1999. – Т.84. № 6. –С. 8-19.
16. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. Т. 2. – М.: Мир, – 1989. – 478 с.
17. Битюкова В.Р., Кириллов П.Л. Методы комплексной оценки региональных различий экологической напряженности в России // Региональные исследования. – 2011. – № 2. –С. 56-69.
18. Благовещенский В.В., Раков Н.С. Конспект флоры высших сосудистых растений Ульяновской области. – Ульяновск: филиал МГУ, – 1994. – 116 с.
19. Бобылев С. Н. , Зубаревич Н. В. , Соловьева С. В. , Власов Ю. С. Устойчивое развитие: Методология и методики измерения: учеб. пособие / под ред. С. Н. Бобылева. – М.: Экономика, – 2011. – 358 с.

20. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. Пособие по региональной экологической политике. – М.: Акрополь, ЦЭПР, – 2007. – 60 с.
21. Бобылев С.Н., Минаков В.С., Соловьева С.В., Третьяков В.В. Эколого-экономический индекс регионов РФ. – М. – 2012. – 147 с.
22. Бойко В.Ф., Николенко С.В. К вопросу развития базы данных геоинформационной системы экологического мониторинга зоны влияния предприятий металлургического комплекса и огнеупорной промышленности // Огнеупоры и техническая керамика. – 2006. – № 3. – С. 28-31.
23. Брусиловский П.М., Розенберг Г.С. Модельный штурм при исследовании экологических систем // Общая биология : журнал., – 1983. – Т. 44. № 2. – С. 254-262.
24. Бушуев В.В., Голубев В.С., Коробейников А.А., Селюков Ю.Г. Человеческий капитал для социогуманитарного развития. – М.: ИАЦ Энергия, – 2008. – 96 с.
25. Васюков В.М. Растения Пензенской области (конспект флоры). Пенза: Изд-во Пенз. гос ун-та, – 2004. – 184 с.
26. Вент Д.П., Волков В.Ю., Халил Б.И. Интеллектуальные информационно-управляющие системы как основа создания автоматизированных систем экологического мониторинга атмосферы // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. – 2008. – Т. 11. № 1. – С. 88-94.
27. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: Наука, – 1994. – 280 с.
28. Гаврилова Т.А. Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем Спб: Питер, – 2000. – 384 с.
29. Гафурова М.М. Сосудистые растения Чувашской Республики. Флора Волжского бассейна. Т III. – Тольятти: Кассандра, – 2014. – 333 с.

30. Гелашвили Д.Б., Басуров В.А., Розенберг Г.С. Экологическое зонирование территорий с учетом роли сохранившихся естественных экосистем (на примере Нижегородской области) // Поволжский экологический журнал, – 2003. – № 2. –С. 99–108.
31. Гелашвили Д.Б., Копосов Е.В., Лаптев Л.А., Розенберг Г.С., Смирнова В.М., Юнина В.П., Сидоренко М.В., Панютин А.А., Иудин Д.И., Солнцев Л.А., Хромова Т.С., Ежков А.Н., Соболев И.С., Иванов Е.Ф., Дороница А.И., Охупкин А.Г., Юлова Г.А., Старцева Н.А., Шурганова Г.В., Макеев И.С. и др. Экология Нижнего Новгорода. – Нижний Новгород, – 2012. (Издание 2-е). – 524 с.
32. 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) // Поволжский экологический журнал, – 2006. – № 2/3. –С. 129-138.
33. Гелашвили Д.Б., Косопов Е.В., Лаптев Л.А. Экология Нижнего Новгорода: монография. – Н. Новгород: ННГАСУ, – 2008. –530 с.
34. Гелашвили Д.Б., М.С.Снегирева, Л.А. Солнцев, Н.И. Зазнобина Экологическая характеристика Приволжского федерального округа на основе функции желательности // Поволжский экологический журнал, – 2014. №1. – С. 130-138.
35. 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.
36. Гелашвили Д. Б., Розенберг Г.С., Басуров В.А. и др. Экологическое зонирование территорий с учетом роли сохранившихся естественных эко-

- систем (на примере Нижегородской области) // Поволжский экологический журнал, – 2003. – № 2. –С. 99-108.
37. Горохов А.Н., Макаров В.С., Васильев Н.Ф. Картографирование экологического состояния ландшафтов Якутии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8-1. –С. 38-39.
38. Горшков В.Г. Пределы устойчивости окружающей среды // Докл. АН СССР, – 1988. –Т. 301, № 4. –С. 1015–1019.
39. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. – М.: ВИНТИ, – 1995. –470 с.
40. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 году», – 483 с.
41. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году», – 473 с.
42. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2013 год». Выпуск 24. – Самара, – 2014. – 283 с.
43. Гурбан И.А., Печеркина М.С., Лыков И.А. Автоматизация анализа устойчивости регионов к социально-экономическим кризисам // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2016. – Т. 15. № 6. – С. 906-925.
44. Данилов-Данильян В. И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. – М.: Прогресс-Традиция, – 2000. – 416 с.
45. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: Вильямс, – 2006. – 216 с.
46. Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации 2010. Цели развития тысячелетия в России: взгляд в будущее. М.: UNDP Россия, – 2010. –152 с.

47. Доклад о развитии человеческого потенциала в регионах России на 2013 год. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. URL: <http://gtmarket.ru/news/2013/06/17/6014>.
48. Донченко В.К., Петухов В.В., Растоскуев В.В. Географические информационные системы для поддержки принятия решений в задачах экологической безопасности // Региональная экология. – 2010. – № 4 (30). – С. 17-22.
49. Дрямова Е.В., Степанов А.С., Тарасова Т.Ф. Опыт разработки метода комплексной экологической оценки территориальных комплексов (на примере Оренбургской области) // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2016. – № 32. – С. 124-128.
50. Дулепов В.И., Кочеткова О.А., Вензик А.В. Применение ГИС-технологий для экологических исследований прибрежных морских акваторий и инвентаризации источников их загрязнения // Подводные исследования и робототехника. – 2014. – № 2. – С. 52-57.
51. Еленевский А.Г., Буланый В.И., Радыгина В.И. Конспект флоры Саратовской области. – Саратов: Издательский центр «Наука», – 2008. – 232 с.
52. Ермолаева С.В., Каменек В.М. Влияние факторов окружающей среды на здоровье населения // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 2. – С. 52.
53. Ерофеев П.Ю. Особенности концепции устойчивого развития // Экономическое возрождение России. – 2007. – № 3(13). – С. 20-29.
54. Жуков И.В., Байбаков Э.И. Оценка развития Республики Татарстан на основе индикаторов устойчивого развития // Экологический консалтинг. – 2007. – № 2 (26). – С. 2-14.
55. Заболеваемость населения России в 2009 году. Статистические материалы. Часть I. – М.: Минздрав РФ, – 2010. – 120 с.

56. Захаров В.М. Оценка состояния биоразнообразия и здоровья среды // Поволжский экологический журнал, – 2014. – №1. – С.50-59.
57. Захаров В.М. Устойчивое развитие. «Рио + 20»: новые вызовы // Устойчивое развитие Волжского бассейна: миф – утопия – реальность... / Под ред. В.М. Захарова, Г.С. Розенберга и Г.Р. Хасаева. – Тольятти: Кассандра, – 2012. – С. 5-15.
58. Иванова А.В. Синантопризация растительного покрова Самарской Луки // Известия Самарского научного центра РАН. – 2008. – Т. 10, №5/1. – С. 100-107.
59. Иванова А.В., Васюков В.М. Материалы к флоре Красногородского лесничества Сергиевского района Самарской области// Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2009. – № 7. – С. 185-205.
60. Иванова А.В., Костина Н.В. Семейственный спектр флоры как индикатор экологических условий территории (на примере Самарской области) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21, № 1. – С. 253-258.
61. Иванова А.В., Костина Н.В. Характеристика флоры Самарского Заволжья по семейственному спектру // Самарский научный вестник. – 2015. – №2 (11). – С. 86-89.
62. Иванова А.В., Костина Н.В., Рухленко И.А. Зависимость видового богатства флоры от степени антропогенной трансформации территории (на примере Самарской области) // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. – 2015. – №4 (19). – С. 294-298.
63. Иванова А.В., Сенатор С.А., Саксонов С.В., Раков Н.С. Материалы к флоре урочища Байтуган Камышлинского района Самарской области// Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2011. – № 9. – С.187-217.
64. Иванова О.И. Оценка антропогенной преобразованности природной среды // Прогноз возможных изменений в природной среде под влияни-

ем хозяйственной деятельности на территории Молдавской ССР. Кишинев: Штиинца, – 1986. – С. 188-189.

65. Ильина В.Н. Флора Домашкиных вершин (Кинельский и Нефтегорский районы Самарской области) // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2013. – Т. 7, № 2. – С. 41-49.
66. Индикаторы устойчивого развития России (эколого-экономические аспекты). / Под ред. С.Н. Бобылева, П.А. Макеенко – М.: ЦПРП, 2001. – 220 с.
67. Казакова М.В. Флора Рязанской области. Рязань: Русское слово, – 2004. – 388 с.
68. Казакова Т.Л. Разработка системы индикатор устойчивого развития для Центрального Черноземья // Региональные исследования. – 2008. – № 1. – С. 20-23.
69. Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Н.М. Решетникова, С.Р. Майоров, А.К. Скворцов, А.В. Крылов, Н.В. Воронкина, М.И. Попченко, А.А. Шмытов. М.: Т-во научных изданий КМК, – 2010. – 548 с.
70. Касимов Н.С., Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С. Концепция устойчивого развития: восприятие в России // Вестник Российской академии наук. – 2004. – Т. 74, № 1. – С. 28-36.
71. Касимов Н.С., Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Хайбрахманов Т.С. Геоинформационное ландшафтно-геохимическое картографирование городских территорий (на примере ВАО Москвы). 2. Ландшафтно-геохимическая карта // Геоинформатика. – 2013. – № 1. – С. 28-32.
72. Кику П.Ф., Горборукова Т.В. Возможность использования советующих информационных систем в экологических исследованиях // Экология человека. – 2014. – № 4. – С. 11-15.
73. Кириллов С.Н., Матвеева А.А., Половинкина Ю.С., Холоденко А.В. Внедрение экологических оценок в систему регионального управления

- // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2013. – № 2 (6). – С. 28-38.
74. Кириллов С.Н., Фролов М.Ю., Нефедов И.В. Медико-экологические аспекты оценки здоровья населения // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2011. № 2. – С. 49-52.
75. Китинг М. Новый регионализм в западной Европе // Логос. 2003. № 6. С. 67-116.
76. Клаус К. Флоры местные приволжских стран. СПб.: Типография Императорской Академии наук, – 1852. – 312 с.
77. Козловская О.В. Индикаторы устойчивого развития Томской области. Томск. – 2003. [Электронный ресурс] // http://green.tsu.ru/download/indikator_2003.pdf.
78. Коломыц Э.Г. Бореальный экотон и географическая зональность: атлас монография. – М: Наука, – 2005. – 390 с.
79. Коломыц Э.Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. – М.: Наука, 2008. – 427 с.
80. Коломыц Э.Г. Региональная модель глобальных изменений природной среды. – М.: Наука, – 2003. – 371 с.
81. Коломыц Э.Г., Керженцев А.С., Шарая Л.С. Опыт регионального моделирования устойчивости лесных экосистем (на примере Окского бассейна) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 5-1. – С. 9-18.
82. Коломыц Э.Г., Шарая Л.С. Количественная оценка функциональной устойчивости лесных экосистем // Экология. – 2015. – № 2. – С. 83-94.
83. Коломыц Э.Г., Шарая Л.С. Методы исчисления и картографирования устойчивости лесных экосистем // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2013. – № 6. – С. 126-137.

84. Коломыц Э.Г., Шарая Л.С. Прогнозное моделирование высокогорных экосистем в свете глобальных изменений климата // Экология. – 2012. – № 1. – С. 3.
85. Коломыц Э.Г., Шарая Л.С., Сулова Н.А. Прогноз влияния глобального потепления на локальные экосистемы зонального экотона леса и степи // Проблемы региональной экологии. – 2009. – № 6. – С. 200-210.
86. Коломыц Э.Г., Шарая Л.С., Сулова Н.А. Прогнозное моделирование углеродного баланса лесных экосистем Волжского бассейна при глобальном потеплении // География и природные ресурсы. – 2010. – № 1. – С. 9-18.
87. Коломыц Э.Г., Шарая Л.С., Сулова Н.А., Залиханов М.Ч. Биосферный заповедник как объект регионального и глобального геосистемного мониторинга (на примере Приокско-террасного заповедника) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2016. – Т. 25. № 1. – С. 18-57.
88. Кононова Е.С., Лукьянова А.А. Оценка уровня устойчивости развития региона на основании системы индикаторов устойчивого развития (на примере Красноярского Края) // Сборники конференций НИЦ Социосфера, – 2014. – № 16. – С. 79-90.
89. Коросов А.В., Поздняков С.А. Интеграция знаний о территории национального парка «Калевальский» на основе ГИС // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2009. – № 2. – С. 84-90.
90. Костина М.А. База данных «Флористические описания локальных участков Самарской и Ульяновской областей» (FD SUR): информационная основа, структура данных, алгоритмы обработки и результаты использования // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2015. – Т. 24, № 2. – С.161-172.

91. Костина Н.В. REGION: экспертная система состояния и управления биоресурсами / Под ред. чл.-корр. РАН, проф. Г.С. Розенберга. Тольятти: Самарский научный центр. – 2005. – 132 с.
92. Костина Н.В. Анализ состояния и сценарии развития социо-эколого-экономических систем территорий разного масштаба с помощью экспертной информационной системы REGION / Под ред. чл.-корр. РАН Г.С.Розенберга: Монография. Тольятти: Кассандра, – 2015. – 200 с.
93. Костина Н.В. Информационная система REGION: 25 лет развития и практического применения // Известия Самарского Научного центра РАН. – 2015. – Т. 17, № 4. – С. 15-24.
94. Костина Н.В. Экспертная система REGION для оценки изменений состояния социо-эколого-экономических систем Волжского бассейна // Поволжский экологический журнал. – 2014. – №1. – С. 110-114.
95. Костина Н.В. Экспертная система REGION как инструмент экологической оценки состояния территорий разного масштаба: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, – 2004. – 18 с.
96. Костина Н.В., Иванова А.В., Розенберг Г.С. Методический подход к комплексному анализу семейственного спектра флоры // Карельский научный журнал. – 2015. – №3 (12). – С. 94-105.
97. Костина Н.В., Иванова А.В., Саксонов С.В., Розенберг Г.С. Оценка нарушений естественного сложения флор по семейственному спектру // Материалы III Международной конференции, посвященной 85-летию Самарского государственного экономического университета «Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем», Самара-Тольятти, 15-17 июня 2016 г. –Самара. – 2016. – С. 44-46.
98. Костина Н.В., Крестин С.В., Розенберг Г.С. Информационный аспект и принцип "экологической матрешки" при решении экологических проблем территорий разного масштаба // Экология. Экономика. Информа-

- тика: XXXII шк.-семинар "Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования" (13-18 сентября 2004 г.): Тез. докл. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, – 2004. – С. 127-128.
99. Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Пыршева М.В., Розенберг Г.С. Межрегиональное комплексное районирование антропогенно нарушенных территорий как метод анализа степени устойчивого развития // Відповідальна економіка Ответственная экономика: Научно-популярный альманах. Луганск (Украина): ООО "Виртуальная реальность", – 2011. – Вып. 3. – С. 74-81.
100. Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г., Юрина В.С., Розенберг Г.С. Об «экологии культуры» и устойчивом развитии Волжского бассейна // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции (18 мая 2012 г.). Уфа: Зауральский филиал ФГБОУ ВПО «Башкирский ГАУ», – 2012. – С. 327-339.
101. Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г., Юрина В.С., Розенберг Г.С. «Экология культуры» и устойчивое развитие (с примерами по Волжскому бассейну) // Экология и жизнь. – 2012. – № 7 (128). – С. 64-70.
102. 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.
103. Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Розенберг Г.С., Пыршева М.В. Межрегиональное районирование антропогенно нарушенных территорий // Регион: экономика и социология. – 2012. – № 2 (74). – С. 227-238.
104. Костина Н.В., Кузнецова Р.С. Некоторые подходы к оценке экологического состояния территории // Известия Самарского научного центра РАН. – 2005. – Т.2. № ELPIT-2005. – С. 265-268.

105. Костина Н.В., Пыршева М.В., Розенберг Г.С. Межрегиональное эколого-экономическое комплексное районирование антропогенно нарушенных территорий // Экологическое равновесие и устойчивое развитие территории: Материалы междунар. науч.-практ. конф. 30-31 марта 2010 г. – СПб.: ЛГУ им. А.С. Пушкина. – 2010. – С. 55-58.
106. Костина Н.В., Розенберг А.Г., Розенберг Г.С., Хасаев Г.Р. Показатель экологического следа и его взаимосвязь с другими индексами устойчивого развития экономики региона // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2014. – № 9(119). – С.34-41.
107. Костина Н.В., Розенберг Г.С. Анализ некоторых индексов и индикаторов устойчивого развития на примере территорий Волжского бассейна // В сборнике: Формирование и становление рынка интеллектуальной собственности как основного фактора создания инновационной экономики и обеспечения устойчивого развития регионов в условиях кризиса Сборник научных статей международной научно-практической конференции. Научные редакторы З.Ф. Мазур, Г.Э. Кудинова. – 2015. – С. 37-42.
108. Костина Н.В., Розенберг Г.С. Характеристика устойчивого развития территории Волжского бассейна по комплексу индексов и индикаторов // В сборнике: Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем II Международная конференция. – 2015. – С. 45-49.
109. Костина Н.В., Розенберг Г.С., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г., Пыршева М.В. "Мозговой штурм" индексов и индикаторов устойчивого развития (на примере территорий Волжского бассейна) // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т.11, N2. – С.32-41. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-32-41
110. Костина Н.В., Розенберг Г.С., Хасаев Г.Р., Шляхтин Г.В. Статистический анализ индекса развития человеческого потенциала (на примере

- Волжского бассейна) // Известия Саратовского университета. Новая серия: Химия. Биология. Экология. – 2014. – Т. 14, № 3. – С. 54-69.
111. Костина Н.В., Розенберг Г.С., Шитиков В.К. Экспертная система экологического состояния бассейна крупной реки // Известия Самарского научного центра РАН. – 2003. – Т. 5, № 2. – С. 287-294.
112. Костина Н.В., Розенберг Г.С., Шитиков В.К. Экспертная эколого-информационная система REGION для бассейна крупной реки // Информационные ресурсы России. – 2010. – № 4. – С. 7-13.
113. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов. Тольятти: ИЭВБ РАН. – 2007. – 372 с.
114. Краснова Т.Б. Экологический мониторинг йододефицита на территории Самарской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, – 2009. – 23 с.
115. Краснощеков Г.П., Розенберг Г.С. Естественно-исторические аспекты формирования территории Волжского бассейна // Известия Самарского научного центра РАН. – 1999. – № 1. – С.108-117.
116. Красовская О. В., Скатерщиков С. Б. Использование географических информационных технологий в пространственном планировании и управлении территориями // Вестник СПб. ун-та. Сер. 7. – 2005. – Вып. 3. – С. 127–131.
117. Крылов Ю.М., Розенберг Г.С., Черникова С.А. Эколого-экономическая безопасность жизнедеятельности: моделирование и информационные аспекты // Вестник МАНЭБ. – 1999. – № 4(16). –С. 101-102.
118. Крыщенко В.С., Голозубов О.М., Темников В.Н., Овчаренко М.М. Реляционный подход к созданию базы данных широкомасштабного почвенного эколого-агрохимического мониторинга // Нива Поволжья. – 2011. – № 1. – С. 40-46.
119. Крыщенко В.С., Голозубов О.М., Овчаренко М.М., Темников В.Н. База данных широкомасштабного почвенно-экологического мониторинга аг-

- роландшафтов: реляционный подход // *Агрохимический вестник*. – 2010. – № 1. – С. 12-16.
120. Крыщенко В.С., Голозубов О.М., Сахабиев И.А., Литвинов Ю.А. Применение ГИС-технологий для мониторинга земель Заинского государственного сортоиспытательного участка республики Татарстан // *Вестник Томского государственного университета*. – 2013. – № 366. – С. 180-183.
121. Кудинова Г.Э. Устойчивое развитие экономико-экологических систем региона. Монография. Тольятти: Кассандра, – 2013. – 130 с.
122. Кудинова Г.Э. Экономический механизм обеспечения устойчивого развития экономико-экологических систем региона: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Тюмень, – 2004. – 23 с.
123. Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г. Формирование экосистемных услуг на территории Самарской области // *Карельский научный журнал*. – 2014. № 4. – С. 116-119.
124. Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г., Костина Н.В., Кузнецова Р.С., Васюков В.М., Костина М.А., Иванова А.В., Саксонов С.В. Стоимостная оценка экосистемных услуг при обеспечении устойчивого развития региона (на примере Самарской области) // *Вестник Самарского государственного экономического университета*. – 2015. – № 8 (130). – С. 17-23.
125. Кудинова Г.Э., Розенберг Г.С., Костина Н.В., Розенберг А.Г. Экомодернизация бассейнов крупных рек как фактор устойчивого развития территории (на примере Волжского бассейна и бассейна реки Янцзы) // *Самарский научный вестник*. – 2016. – № 4 (17). – С. 24-27.
126. Кузнецова Р.С. Прогнозирование первичной продуктивности наземных экосистем территории Волжского бассейна в условиях потепления климата: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, – 2008. – 18 с.
127. Кузнецова Р.С. Прогнозная модель влияния антропогенной составляющей на первичную биопродуктивность наземных экосистем Волжского

- бассейна // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 115-121.
128. Кузнецова Р.С., Костина Н.В., Розенберг Г.С. Первичная биологическая продуктивность при изменении климатических условий на территории Волжского бассейна // География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов: к 100-летию профессора Н.И. Базилевич. М.: Тов-во науч. изд. КМК, – 2010. – Ч. 2 (на CD). № 61.
129. Кузнецова Р.С., Костина Н.В., Розенберг Г.С. Сценарий глобального потепления: моделирование региональных особенностей глобальных изменений природной среды // Материалы седьмого междунар. симпозиума «Проблемы экоинформатики» (совместно со школой-семинаром молодых ученых). – М.: РАН; РАЕН, – 2006. – С. 78-81.
130. Кузнецова Р.С., Розенберг Г.С., Беспалый В.Г. Опыт составления атласа экологической ситуации в Куйбышевской области // Экологическое картографирование на современном этапе: Тез. докл. X Всесоюз. конф. по тематическому картографированию. Кн. 1. – Л.: АН СССР, –1991. – С. 56-57.
131. Кузовенко О.А., Плаксина Т.И. "Урочище Грызлы" - уникальный степной памятник природы Самарской области // Вестник Самарского государственного университета. – 2009. – №8 (74). – С. 170-199.
132. Кузовенко О.А., Плаксина Т.И. "Урочище Грызлы" - уникальный степной памятник природы Самарской области // Вестник Самарского государственного университета. – 2010. – №2 (76). – С. 178-202.
133. Кузякин А.П. Зоогеография СССР // Учен. зап. Моск. обл. пед. ин-та им. Н.К.Крупской. – 1962. Т. СІХ. – С. 3-182 (Биогеография, вып. 1).
134. Лазарева Н.В., Лифиренко Н.Г., Попченко В.И., Розенберг Г.С. О некоторых проблемах медицинской экологии (с примерами по Волжскому бассейну, Самарской области и городу Тольятти) // Известия Самарско-

- го научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17. № 4-1. – С. 55-66.
135. Лактионов А.П. Флора Астраханской области: Монография. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», – 2009. – 296 с.
136. Лебедев В.В., Гансвинд И.Н., Горохова И.Н., Куприянова Е.И., Прокуронов И.Б., Харитонов В.А. Структурирование экологической информации как необходимый этап создания баз данных информационно-управляющих систем // Экология промышленного производства. – 2009. – № 4. – С. 13-18.
137. Лебедева Г.П., Пантелеев И.В. Самарская область (региональные обзоры) // Ключевые орнитологические территории России. Том 1. Ключевые орнитологические территории международного значения в Европейской России / Сост. Т.В. Свиридова; под ред. Т.В. Свиридовой, В.А. Зубакина. М.: Союз охраны птиц России, – 2000. – С. 444-456.
138. Лебедева Г.П., Пантелеев И.В. Фаунистический обзор птиц Жигулевского заповедника // Самарская Лука: Бюл. – 1999. – № 10. – С. 286-299.
139. Левашов В.К. Социально-политические риски устойчивого развития // Вестник РАН. – 2014. – Т. 84, № 2. – С. 143-152.
140. Лиєпа И.Я. Показатель удельного веса влияния факторов воздействия // Учен. зап. Латв. ун-та. Рига: Изд-во Латв. ун-та, – 1971. – С. 36-40.
141. Лис Л.С. Экологическое состояние территории: методология, система оценки природно-экологического потенциала // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. – 2006. – № 9. – С. 136-144.
142. Лифиренко Д.В., Лифиренко Н.Г. Анализ роста числа умерших среди населения Волжского бассейна летом 2010 года // Юг России: экология, развитие. – 2012. – № 2. – С. 141-146.
143. Лифиренко Н.Г. Оценка состояния здоровья населения Самарской области // Бюллетень. "Самарская Лука". – 2006. – № 18. – С. 96-108.

144. Лифиренко Н.Г. Состояние здоровья населения и качество окружающей среды: анализ территорий разного масштаба: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, – 2006. – 18 с.
145. Лифиренко Н.Г., Костина Н.В. К оценке возможного влияния климата на эпидемический процесс // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2008. –Т. 10, № 2. – С. 333-339.
146. Лосев К.С. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке. – М.: Космосинформ, –2001. –400с.
147. Малыгин Е.Н., Немтинов В.А., Сарычев Д.В., Немтинова Ю.В. Использование информационных систем при проведении экологических экспертиз // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2003. –Т. 9. № 3. –С. 434-443.
148. Малышев Л.И. Флористические спектры Советского Союза // История флоры и растительности Евразии. – Л. 1972. – С. 17-40.
149. Материалы Международной конференции в Рио-де-Жанейро о Концепции устойчивого развития. 1992. – [Электронный ресурс]// http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_58454.html
150. Меншуткин В.В. Математическое моделирование популяций и сообществ водных животных. – Л.: «Наука», –1971.
151. Методические указания и укрупненные задания к разработке ЦКП "Сбалансированное использование и сохранение природных ресурсов бассейна р. Волги в условиях интенсивного развития производительных сил" (Кодовое название "ЭКОС-ВОЛГА"). – Тольятти. – 1985. –70 с.
152. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Основы общей экологии: Учебное пособие / Под ред. Г.С. Розенберга. – М.: Университетская книга, –2005. – 240 с.
153. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Хазиев Ф.Х. О комплексной научно-исследовательской программе "Башкир-экология" // Экологические проблемы агропромышленного комплекса Башкирской АССР: Тез. докл. республ. науч.-практ. конф. Уфа: БФАН СССР, – 1986. – С. 83-86.

154. Миронова С.А. Эколого-популяционный анализ заболеваемости туберкулезом населения Самарской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, –2012. – 20 с.
155. Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. – М.: Наука, – 1987. – 304 с.
156. Моисеев, Н. Н. «Устойчивое развитие» или «Стратегия переходного периода» // Заслон средневековью. – М. Тайдекс Ко, – 2003. – С. 281–299.
157. Молчанова Е.В., Кручек М. М. Математические методы оценки факторов, влияющих на состояние здоровья населения в регионах россии (панельный анализ) // Социальные аспекты здоровья населения. – 2013. – Т. 33, № 5 (33). – С. 10.
158. Мусихина Е.А., Айзенберг И.И., Михайлова О.С. Пространственно-временной метод оценки экологической емкости территорий // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 2 (22). – С. 175-178.
159. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию. – М.: Прогресс, – 1989. – 412 с.
160. Новая парадигма развития России в XXI веке. Комплексные исследования проблем устойчивого развития: идеи и результаты. Под редакцией В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова. Изд. 2-е. – М.: Academia, – 2000. – 416 с.
161. Овеснов С.А. Конспект флоры Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, – 1997. – 252 с.
162. Одум Ю. Основы экологии / Пер. с англ. – М.: Мир, – 1975. – 740 с.
163. Одум Ю. Экология. В 2-х т / Пер. с англ. – М.: Мир, –1986. – 328 с., 376 с.
164. Определитель высших растений Башкирской АССР. – М.: Наука. – 1988. – 316 с.
165. Определитель высших растений Башкирской АССР. – М.: Наука. – 1989. – 375 с.

166. Основные положения стратегии устойчивого развития России /Под ред. А.М. Шелехова. – М., – 2002. – 161 с.
167. Охрана окружающей среды в России. 2008 г. Федеральная служба государственной статистики. – URL: <http://www.gks.ru>.
168. Пантелеева О.И. Применение индикаторов устойчивого развития на региональном и муниципальном уровнях // Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 22. – С. 39-47.
169. Петров Б.А., Сенников И.С. Исследование по оценке влияния экологических факторов городской среды на здоровье населения // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 7-2. – С. 349-352.
170. Петухов В.В. Информационная модель системы оперативного управления природно-хозяйственными объектами в чрезвычайных ситуациях // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2008. – № 4. – С. 51-54.
171. Печуркин Н.С., Сомова Л.А. Техногенная цивилизация: от социально-экономической к экологической неустойчивости // Вестник РАН. – 2014. – Т. 84, № 2. – С. 153-158.
172. Пименов А.Н., Оников В.В., Петухов В.В. Информационные модели оценки экологической безопасности природо-хозяйственных систем // Региональная экология. – 2011. – № 1-2 (31). – С. 96-104.
173. Плаксина Т. И. Конспект флоры Волго-Уральского региона. – Самара: Издательство «Самарский университет», – 2001. – 388 с.
174. Погодин И.В., Розенберг Г.С. Особенности экологического зонирования региона (на примере Ульяновской области) // Природа Симбирского Поволжья: Сборник научных трудов. Вып. 1. – Ульяновск: УлГТУ, – 2000. – С. 160-161.
175. 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.

176. Пономарев А.И., Недбайло К.А., Куренева Л.В. К вопросу об оценке состояния и прогнозировании экологической обстановки // Технологии гражданской безопасности. – 2009. – Т. 6. № 3-4. – С. 144-149.
177. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель. Е.Б., Шапот М.Д. Статические и динамические экспертные системы. – М.: Финансы и статистика, – 1996.
178. Постников В.П., Левда Н.М. К вопросу об оценке экологического ущерба от загрязнений атмосферного воздуха в регионе // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2013. – № 21. – С. 81-89.
179. Прибылов А.Ю., Бирюкова Е.В. Возможности применения многомерных баз данных в экологическом мониторинге // Информатика и прикладная математика: межвузовский сборник научных трудов. – 2013. – № 19. –С. 057-060.
180. Приоритеты национальной экологической политики России. / Под ред. В.М. Захарова. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, – 2009. – 152 с.
181. 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.
182. Раков Н.С., Саксонов С.В., Сенатор С.А., Васюков В.М. Сосудистые растения Ульяновской области. Флора Волжского бассейна. Т. II. – Тольятти: Кассандра. – 2014. – 295 с.
183. Ребристая О.В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», – 2013. – 312 с.
184. Регионы России. Социально-экономические показатели - 2008 г. Федеральная служба государственной статистики. <http://www.gks.ru>.
185. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2010: Статистический сборник. М.: Росстат, – 2010. – 996 с.

186. Реестр особо охраняемых природных территорий регионального значения Самарской области/ Министерство природопользования, лесного хозяйства и охраны окружающей среды Самарской области. Сост. А.С. Паженков. Самара: "Экотон", – 2010. – 259 с.
187. Реймерс Н. Ф. Природопользование. –М.: Мысль, – 1990. –424 с.
188. Риклефс Р. Э. Основы общей экологии / Пер. с англ. М.: Мир, – 1979. – 424 с.
189. Розенберг А.Г. Комментарий к статье Роберта Костанцы с соавторами ("Nature", 1997) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2011. – Т. 20, № 1. – С. 205-214.
190. Розенберг А.Г. Оценка экосистемных услуг для территории Самарской области // Актуальные проблемы экономики и права. – 2012. – № 3. – С. 145-150.
191. Розенберг А.Г. Оценки экосистемных услуг для территории Самарской области // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 139-145.
192. Розенберг А.Г. Природный капитал и экосистемные услуги региона. Тольятти: Кассандра, – 2015. – 84 с.
193. Розенберг А.Г. Экосистемные услуги районов Самарской области (оценка по методу Р. Костанцы) // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2015. – № 7 (129). –С. 55-59.
194. Розенберг А.Г., Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Розенберг Г.С. Экосистемные услуги как инновационная составляющая устойчивого развития // Энергия: экономика, техника, экология. – 2017. – №4. – С. 48-53.
195. Розенберг А.Г., Костина Н.В., Кузнецова Р.С. Стоимостная оценка экосистемных услуг по муниципальным районам Самарской области // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 4-3. – С. 162-164.

196. Розенберг А.Г., Костина Н.В., Розенберг Г.С. Прогноз изменения лесистости Самарской области при реализации сценариев устойчивого развития // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 83-91.
197. 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. Борок: ИБВВ РАН, – 2002. – С. 253-255.
198. Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию / В 2-х т.; Изд. 2-е, исправленное и дополненное. – Тольятти: Кассандра, 2013. – Т. 1. – 565 с. – Т. 2. – 445 с.
199. Розенберг Г.С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. Тольятти: Кассандра, – 2009. – 478 с.
200. Розенберг Г.С. Волжский бассейн: экологическое состояние и прогноз // Экологическое образование и компьютерные методы прогноза состояния окружающей среды: Тез. докл. науч.-техн. конф. Тольятти: Изд-во ТолПИ, – 1992. – С. 25.
201. Розенберг Г.С. Гибридизация системы показателей устойчивого развития регионов // Проблемы устойчивого развития регионов в XXI веке (Материалы VI междунар. симпоз. 30 сентября – 2 октября 2002 г.). Бирибиджан: ИКАРП ДВО РАН; БГПИ, – 2002. – С. 23-24.
202. Розенберг Г.С. Еще раз об экологии // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2016. – Т. 25. № 3. – С. 264-267.
203. Розенберг Г.С. Индуктивные модели экологической ситуации в Башкирии // Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования: Тез. докл. обл. X шк.-семинара. – Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, – 1986. – С. 72-73.

204. Розенберг Г.С. Инженерная экология – основа разработки комплексных экологических программ // Оптимизация, прогноз и охрана природной среды. – М.: Наука, – 1986. – С. 378-380.
205. Розенберг Г.С. Информационная система REGION-VOLGABAS как основа регионального мониторинга биоразнообразия // Мониторинг биоразнообразия. – М.: РАН. – 1997. – С. 233-236.
206. Розенберг Г.С. Информационные проблемы современной экологии // Информатика на службе экологии и здоровья: Тез. докл. Междунар. форума. – Тольятти: МКК, – 1991. – С. 3.
207. Розенберг Г.С. К созданию экологической информационной системы Волжского бассейна // Материалы международного симпозиума "Проблемы экоинформатики" (Звенигород, 14-18 декабря 1992 г.). – М.: ИРЭ РАН. – 1992. – С. 121-123.
208. Розенберг Г.С. Комплексный анализ сельскохозяйственной нагрузки в Волжском бассейне // Экологические проблемы сельского и водного хозяйства Поволжья: Тез. докл. науч.-практ. конф. Саратов: Минэкологии и природ. ресурсов РФ, – 1992. – С. 11-12.
209. Розенберг Г.С. Комплексный экологический анализ сельскохозяйственной нагрузки в Волжском бассейне // Аграрная Россия. – 2001. – № 4. – С. 44-48.
210. Розенберг Г.С. Леса Башкортостана "на фоне" состояния лесных экосистем Волжского бассейна // Леса Башкортостана: современное состояние и перспективы. – Уфа: АН РБ, – 1997. – С. 10-12.
211. Розенберг Г.С. Математическое моделирование и региональные экологические программы // Ботанические исследования на Урале (информационные материалы). Свердловск: УрО АН СССР, – 1985. – С. 68.
212. Розенберг Г.С. Экологический прогноз: модели, информация, адекватность // Областная конференция молодых ученых и специалистов "Научные основы охраны природы Урала и проблемы экологического мо-

- ниторинга в соответствии с решениями XXVI съезда КПСС": Тез. докл. – Свердловск: Свердлов. облсовет НТО, – 1985. – С. 48-49.
213. Розенберг Г.С. Некоторые теоретические аспекты мониторинга и прогнозирования экосистем // Мониторинг лесных экосистем: Тез. докл. науч. конф. – Каунас: АН ЛитССР, –1986. – С. 340-341.
214. Розенберг Г.С. О прогнозировании экологической ситуации в Башкирии по математическим моделям // Экологические проблемы агропромышленного комплекса Башкирской АССР: Тез. докл. республ. науч.-практ. конф. – Уфа: БФАН СССР, – 1986. – С. 15.
215. Розенберг Г.С. Математическое обеспечение экологических экспертиз // Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования: Тез. докл. обл. XII шк.-семинара. – Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, – 1988. – С. 156.
216. Розенберг Г.С. Математическое моделирование экологических систем: стратегия и тактика // Теоретические и прикладные проблемы экологии: Тез. докл. Всерос. конф. Чита: СО РАН, – 1992. – С. 20.
217. Розенберг Г.С. Модели потенциальной эффективности сложных систем как инструмент анализа экологических феноменов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Тр. Междунар. конф. – Самара. – 1999. – С.333-338.
218. Розенберг Г.С. Сценарии устойчивого развития регионов (эколого-социологический анализ) // Эколого-географические проблемы природопользования нефтегазовых регионов: Теория, методы, практика: Доклады III Международной науч.-практ. конф. (Нижневартовск, 25-27 октября 2006 г.). – Нижневартовск: Нижневартовск. гос. гуманитар. ун-т, – 2006. – С. 22-27.
219. Розенберг Г.С. Экологическая экономика и экономическая экология: состояние и перспективы (с примерами по экологии Волжского бассейна) // Экология. – 1994. – № 5. С. 3-13.

220. Розенберг Г.С. Экспертная система «REGION» как инструмент оценки риска и чрезвычайных ситуаций в Волжском бассейне // Экологический риск: анализ, оценка, прогноз: Материалы Всерос. конф. Иркутск: ИГ СО РАН, – 1998. – С. 74-76.
221. Розенберг Г.С., Беспалый В.Г., Гайворон Т.Д. и др. База эколого-экономических данных крупного региона (методическое пособие). – Тольятти: ИЭВБ АН СССР, – 1991. – 62 с.
222. Розенберг Г.С., Беспалый В.Г., Голуб В.Б. и др. Экспертная система для оценки экологического состояния крупного региона (на примере Куйбышевской области) // Теоретические проблемы эволюции и экологии. – Тольятти: ИЭВБ АН СССР, – 1991. – С. 183-192.
223. 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.
224. Розенберг Г.С., Вязилов Е.Д., Егоров В.М., Полищук А.И., Проняев А.В., Сушков Б.Г., Шапиро Д.И., Шитиков В.К. К разработке автоматизированной системы принятия решений в области охраны окружающей среды и природопользования на региональном уровне. – Тольятти: ИЭВБ РАН, – 1995. – 67 с.
225. Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Зибарев А.Г., Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Саксонов С.В., Хасаев Г.Р. Формирование экологической ситуации и пути достижения устойчивого развития Волжского бассейна // Региональная экология. – 2016. – № 1 (43). – С. 15-27.
226. Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Костина Н.В., Шитиков В.К. О путях достижения устойчивого развития на территории Волжского бассейна // Материалы шестого международного симпозиума «Проблемы экоинформатики». – М.: РАН; РАЕН, –2004. – С. 59-68.

227. Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Костина Н.В., Шитиков В.К., Краснощекоев Г.П. О путях достижения устойчивого развития на территории Волжского бассейна // Возрождение Волги: Материалы конф. и круглых столов (16 сентября 2004 г., Тольятти). – Тольятти: ИЭВБ РАН, –2004. – С. 4-11.
228. Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Краснощекоев Г.П. Крутые ступени перехода к устойчивому развитию // Вестн. РАН. – 1996. – Т. 66. – № 5. – С. 436-440.
229. Розенберг Г.С., Голуб В.Б., Евланов И.А., Костина Н.В. и др. Экологические проблемы Среднего и Нижнего Поволжья на рубеже тысячелетий. Стратегия контроля и управления (Аналитический доклад для Ассоциации "Большая Волга"). – Тольятти: ИЭВБ РАН, – 2000. – 48 с.
230. Розенберг Г.С., Дунин Д.П. Базы экологических знаний: технология создания и предварительные результаты // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 1999. – № 2. – С. 186-192.
231. Розенберг Г.С., Евланов И.А., Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Бухарин О.В., Немцева Н.В., Дгебуадзе Ю.Ю., Павлов Д.С., Гелашвили Д.Б., Захаров В.М. Разработка научных основ и внедрение комплекса методов биомониторинга для устойчивого эколого-экономического развития территорий Волжского бассейна. – Тольятти и др.: Кассандра, – 2010. – 20 с.
232. Розенберг Г.С., Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Кузнецова Р.С., Лифиренко Н.Г., Шапеева Е.В. Эколого-экономическая безопасность жизнедеятельности: принципы моделирования и информационные аспекты // Экология и жизнь. Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Ч. I. Пенза: МАНЭБ, – 1999. – С. 42-44.
233. Розенберг Г.С., Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г. Экологическая модернизация: бассейновый подход на примере крупнейших рек

- Азии и Европы // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2014. – Спец. выпуск. – С. 25-34.
234. Розенберг Г.С., Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г. Экологическая модернизация - взаимосвязь экономических и экологических интересов // Сб. науч.статей Междунар. научно-практич. конференции "Формирование и становление рынка интеллектуальной собственности как основного фактора создания инновационной экономики и обеспечения устойчивого развития регионов в условиях кризиса" (24-25 апреля 2015 г.). – Тольятти: Издательство ООО типография "Форум". – 2015. – С.72-76.
235. Розенберг Г.С., Костина Н.В., Кузнецова Р.С, Лифиренко Н.Г, Саксонов С.В. Глава 6. Сценарии устойчивого развития Волжского бассейна // Розенберг Г.С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. Тольятти: Кассандра, – 2009. – С.365-424.
236. Розенберг Г.С., Костина Н.В., Лифиренко Н.Г. Экологическая оценка с использованием обобщенной функции желательности административных единиц территории Волжского бассейна // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник трудов II международного экологического конгресса ELPIT 2009 (IV международной научно-технической конференции), 24-27 сентября 2009 г., г. Тольятти, Россия. – Тольятти: ТГУ, – 2009. – Т. 1. – С. 22-26.
237. Розенберг Г.С., Костина Н.В., Лифиренко Н.Г., Лифиренко Д.В. Экологическая оценка территории Волжского бассейна с использованием обобщенной функции желательности // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 1-9. – С. 2324-2327.
238. Розенберг Г.С., Костина Н.В., 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. 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.
239. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Безопасность жизнедеятельности и чрезвычайные ситуации в Волжском бассейне // Вестник МАНЭБ. – 1999. – № 4(16). – С. 65.
240. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Волжский бассейн: экологическая ситуация и пути рационального природопользования. – Тольятти: ИЭВБ РАН, – 1996. – 249 с.
241. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Комплексный анализ пространственно распределенной информации о состоянии экосистем Волжского бассейна // Институт экологии Волжского бассейна. 1991-1996 (научно-информационный сборник). – Тольятти: ИЭВБ РАН, – 1997. – С. 19-25.
242. 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.
243. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П., Гелашвили Д.Б. Опыт достижения устойчивого развития на территории Волжского бассейна // Устойчивое развитие. Наука и практика. – 2003. – № 1. С. – 19-31.
244. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П., Крылов Ю.М., Павловский В.А., Писарев А.С., Черникова С.А. Устойчивое развитие: мифы и реальность. – Тольятти: ИЭВБ РАН, – 1998. – 191 с.
245. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П., Крылов Ю.М., Черникова С.А., Шустов М.В. Информация к размышлению (некоторые данные к анализу экологической безопасности и устойчивого развития Ульяновской области по экспертной системе REGION-VOLGABAS). – Тольятти; Ульяновск: ИЭВБ РАН, – 1997. – 39 с.

246. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П., Черникова С.А., Крылов Ю.М. Мифы и реальность «устойчивого развития». Результаты модельных экспериментов для территорий разного масштаба // Вестн. МАНЭБ. – 1999. – № 4(16). – С. 52-54.
247. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П., Шитиков В.К. К созданию пространственно-распределенной базы эколого-экономических данных бассейна крупной реки (на примере Волжского бассейна) // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: Межвед. сб. науч. тр. Самара: Изд-во "Самарский университет", – 1995. – С. 8-15.
248. Розенберг Г.С., Кузнецова Р.С., Костина Н.В. Управление биопродуктивностью Волжского бассейна при реализации сценария "потепления климата" // Экологический ежегодник [научный журнал]. – 2008. – № 2. – С.49-51.
249. Розенберг Г.С., Кузнецова Р.С., Костина Н.В., Саксонов С.В., Лифиренко Н.Г. Прогноз первичной биологической продуктивности на территории Волжского бассейна в условиях сценария «глобального потепления климата» // Успехи современной биологии. – 2009. – Т. 129, № – 6. С. 550-564.
250. Розенберг Г.С., Лифиренко Н.Г., Костина Н.В., Кузнецова Р.С. Комплексный анализ социо-эколого-экономической системы бассейнов крупных рек // Интеллектуальные системы принятия решений и прикладные аспекты информационных технологий. Т. 2. – Херсон (Украина): ХМИ, – 2006. – С. 130-133.
251. Розенберг Г.С., Лифиренко Н.Г., Костина Н.В., Лифиренко Д.В. Определение влияния социо-эколого-экономических факторов на смертность от новообразований // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11, № 1-6. – С. 1182-1185.
252. Розенберг Г.С., Морозов В.Г., Черникова С.А., Крылов Ю.М. Комплексный анализ экологической обстановки, структуры и динамики природо-

- охранных затрат в Ульяновской области "на фоне" Волжского бассейна // Проблемы экологии Ульяновской области. Ульяновск: Законодат. собр. Ульян. обл., – 1997. – С. 9-11.
253. Розенберг Г.С., Павлов Д.С., Захаров В.М., Гелашвили Д.Б., Шитиков В.К. Биомониторинг для устойчивого эколого-экономического развития территорий Волжского бассейна // Экология и промыш. России. – 2010. – № 11. – С. 4-9.
254. 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. Сборник научных статей. М.: Т-во науч. изд. КМК, – 2005. – С. 351-360.
255. Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Костина Н.В., Кудинова Г.Э. Прогноз и моделирование управления биоресурсами Волжского бассейна // Ресурсы регионов России. – 2005. – № 6. – С. 49-54.
256. Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Костина Н.В., Кудинова Г.Э. Прогностическая модель управления биологическими ресурсами в Волжском бассейне на примере Самарской области // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем: Сб. статей Всерос. науч.-технич. конф. с международным участием. – Тольятти: ТГУС. – 2006. – С. 38-43.
257. Розенберг Г.С., Хазиев Ф.Х., Миркин Б.М. О некоторых особенностях создания долгосрочных экологических программ // Проблемы социальной экологии: Тез. докл. I Всесоюз. конф. Ч. 3. – Львов: АН СССР, – 1986. – С. 58-60.
258. Розенберг Г.С., Хасаев Г.Р. Двадцать лет устойчивого развития Самарской области // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 1. – С.1-15.

259. Розенберг Г.С., Хасаев Г.Р. Становление региональной экологии как основы стратегии устойчивого развития территорий // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2015. – № 6 (128). – С. 35-41.
260. Розенберг Г.С., Черникова С.А., Краснощеков Г.П., Крылов Ю.М., Гелашвили Д.Б. Мифы и реальность «устойчивого развития» // Проблемы прогнозирования. – 2000. – № 4. – С. 130-154.
261. Розенберг Г.С., Шитиков В.К. Экологическая информационная система Волжского бассейна "VOLGABAS" // Теоретические и прикладные проблемы экологии: Тез. докл. Всерос. конф. Чита: СО РАН, – 1992. – С. 111-112.
262. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Костина Н.В. «Сценарии» различных вариантов развития экологической ситуации в области (экологический прогноз) // Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз. – Тольятти: ИЭВБ РАН, – 1994. – С. 294-300.
263. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Костина Н.В. Методика проведения исследований // Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз. – Тольятти: ИЭВБ РАН, – 1994. – С. 20-32.
264. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Костина Н.В., Юрицына Н.А. Разработка концепции размещения производительных сил Куйбышевской области с использованием банка эколого-экономических данных // Оценка воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду: Материалы Всесоюз. конф. – М., – 1990. – С. 23-24.
265. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Костина Н.В., Юрицына Н.А. Эколого-экономическое районирование Куйбышевской области с использованием региональной базы пространственно-распределенных данных // Экологическое районирование территории: методы и разработки: Материалы науч. семинара по экологическому районированию "Экорайон-90". – Иркутск: СО АН СССР, –1991. – С. 158-160.

266. Розенберг Г.С., Дунин Д.П., Костина Н.В., Морозов В.Г., Погодин И.В., Шитиков В.К. Информационные технологии для оценки экологического состояния крупного региона (на примере Волжского бассейна и Самарской области) // Проблемы региональной экологии. Вып. 8. Томск: СО РАН, – 2000. – С. 213-216.
267. Россия в цифрах. 2011: Краткий статистический сборник. М.: Росстат, – 2011. – 581 с.
268. Савельев А.А. Моделирование пространственной структуры растительного покрова (геоинформационный подход). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, – 2004. – 244 с.
269. Саксонов С.В. Самаролукский флористический феномен. – М.: Наука, – 2006. – 263 с.
270. Саксонов С.В., Иванова А.В., Ильина В.Н., Раков Н.С., Силаева Т.Б., Соловьева В.В. Флора озера Молочка и его ближайших окрестностей в Самарской области (Высокое Заволжье, Сокский флористический район) // Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2006. – № 2. – С.76-97.
271. Саксонов С.В., Лобанова А.В., Иванова А.В., Ильина В.Н. Раков Н.С. Флора памятника природы «Гора Зеленая» Елховского района Самарской области // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. Серия «Экология» Вып. 5. – Тольятти: ВУиТ. – 2005. – С. 3-22.
272. Саксонов С.В., Сенатор С.А. Путеводитель по Самарской флоре (1851-2011). Флоры Волжского бассейна. Т.1. – Тольятти: Кассандра. – 2012. – 512 с.
273. Санданов Д.В. Геоинформационный анализ распространения редких сосудистых растений на территории Бурятии // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – Т. 11, № 1. –С. 38-45.
274. Свирежев Ю.М. Устойчивость и сложность в математической экологии // Устойчивость геосистем. – М.: Наука, – 1983. – С. 41–50.

275. Сератирова В.В., Бананова В.А., Лазарева В.Г. Структурная оптимизация использования земельного фонда Калмыкии // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1; URL: www.science-education.ru/101-5536 (дата обращения: 03.12.2015).
276. Серегин А.П. Флора Владимирской области: Конспект и атлас / А.П. Серегин при участии Е.А. Боровичёва, К.П. Глазуновой, Ю.С. Кокошниковой, А.Н. Сенникова. – Тула: Гриф и К. – 2012. – 620 с.
277. Сидоренко В.П. Экологическое значение лесов и лесистость Нижегородской области: рукопись. – Тольятти: Фонды библиотеки ИЭВБ РАН. – 2001. – 6 с.
278. Ситникова И.П., Кручина Е.Б. Оценка уровня самоподдержания урбанизированной территории на основании индикатора устойчивого развития - экологического следа // Успехи в химии и химической технологии. – 2015. – Т. 29, № 9 (168). – С. 12-13.
279. Соловьева В.В. Структура и динамика растительного покрова экотонов природно-технических водоемов Среднего Поволжья. Дисс. на соискание уч. степ. доктора биол. наук. – Самара. – 2007. – 494 с.
280. Сосудистые растения Республики Мордовия (конспект флоры): монография / Т.Б. Силаева, И.В. Кирюхин, Г.Г. Чугунов [и др.]; под ред. Т.Б. Силаевой. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, – 2010. – 352 с.
281. Сосудистые растения Самарской области: учебное пособие / Под ред. А.А. Устиновой и Н.С. Ильиной. – Самара: ООО «ИПК Содружество». – 2007. – 400 с.
282. Сосудистые растения Татарстана / О.В. Бакин, Т.В. Рогова, А.П. Ситников. Изд-во Казан. ун-та, – 2000. – 496 с.
283. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, – 1978. – 319 с.

284. Сухоруков А.П., Васюков В.М., Раков Н.С., Лысенко Т.М. Дополнение к флоре Самарской области // Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2013. – Т. VII, №3. – С. 77-92.
285. Тарасова Е.М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», – 2007. – 440 с.
286. Тарасова Н.П., Кручина Е.Б. Индикаторы и индексы устойчивого развития // Устойчивое развитие: природа, общество, человек. Статьи победителей конкурса. – 2006. – Т. 2. – С. 127-144. URL: http://www.mnr.gov.ru/files/part/8048_indikator.doc
287. Татаркин А.И., Гершанок Г.А. Методология оценки устойчивого развития локальных территорий на основе измерения их социально-экономической и экологической емкости // Мир экономики и управления. – 2006. – Т. 6. № 1. – С. 40-48.
288. Титов В.Н., Жанабекова Е.И., Хасанова Р.М. Роль экологических факторов в оценке качества жизни населения // Наука и общество. – 2013. – № 2 (11). – С. 100-102.
289. Толмачев А.И. Введение в географию растений. – Л.: ЛГУ, – 1974. – 244 с.
290. Тропп Э.А., Егоров В.А., Морозов Ю.Г. Математические методы для интеллектуальных баз данных в биологии. 4. Математические модели экологических систем // Русский орнитологический журнал. – 2002. – Т. 11, № 201. – С. 951-966.
291. Уварова Н.Н., Поддубная Е.Н. Экономико-математические подходы к оценке экологического ущерба при загрязнении атмосферы // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2007. – Т. 12, № 6. – С. 685-686.
292. Устойчивое развитие Волжского бассейна: миф-утопия-реальность... / Под ред. В.М. Захарова, Г.С. Розенберга и Г.Р. Хасаева. – Тольятти: ИЭВБ РАН и др.; Кассандра, – 2012. – 226 с.

293. Устойчивое развитие: мифы и реальность. – Тольятти: ИЭВБ РАН. – 1998. – 191 с.
294. Федотов А.П. Глобалистика: Начала науки о современном мире: курс лекций. – М.: Аспект Пресс, – 2002. – 224 с.
295. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья / Под ред. А.В. Ступишина. – Казань: Изд-во Казанского ун-та. – 1964. – 173 с.
296. Филонов К.П. Лось. М.: Лесная промышленность. – 1983. – 246 с.
297. Флешман Б.С. Основы ситемологии. – М.: Радио и связь, 1982. – 368 с.
298. Форрестер Д. Мировая динамика. – М.: АСТ, 2006. – С. 384.
299. Фурсова П.В., Левич А.П. Математическое моделирование в экологии сообществ. Литературный обзор. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2002. – Т. 8, № 4. – С. 2035-1045. URL: <http://www.twirpx.com/file/48536/>.
300. Хохряков А.П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике// Ботанический журнал. – 2000. – Т.85, №5. – С. 1-11.
301. Храпов С.С., Кобелев И.А., Писарев А.В., Хоперсков А.В. 4D-модели в задачах экологического моделирования: проектирование информационной системы // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10: Инновационная деятельность. – 2011. – № 5. – С. 119-124.
302. Черникова С.А. Устойчивое развитие территорий: экологические ограничения экономических механизмов управления: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Н. Новгород, – 1998. – 17 с.
303. Шалина Е.В. ГИС технологии для экологически безопасного природопользования // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2011. – Т. 7, № 1-2 (7). – С. 122-125.
304. Шарая Л.С. Прогнозное картографирование лесных экосистем (ландшафтно-экологический подход) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 38-47.

305. Шаронова Н.В., Козуля М.М., Святкин Я.В. Информационное обеспечение определения комплексной оценки экологической качества систем окружающей среды // Проблемы інформаційних технологій. – 2014. – № 2 (14). – С. 109-113.
306. Шереметьева И.С., Хорун Л.В., Щербаков А.В. Конспект флоры сосудистых растений Тульской области / под ред. проф. В.С. Новикова. – М.: Изд. Бот. Сада Моск. ун-та; Тула: Гриф и К, – 2008. – 274 с.
307. Шиманчик И.П. Оценка влияния эколого-географических условий на заболеваемость населения административного района (на примере Кинель-Черкасского района Самарской области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти. – 2006. – 22 с.
308. Шитиков В.К., Костина Н.В., Кузнецова Р.С. Методы построения синтетических показателей для экологического картографирования территории // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2005. – № 5. – С. 74-79.
309. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2-х кн. М.: Наука, – 2005. – Кн. 1. – 281 с.; Кн. 2. – 337 с.
310. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН. – 2003. – 463 с.
311. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Костина Н.В. Методы синтетического картографирования территории (на примере эколого-информационной системы «VOLGABAS») // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга. Часть VI: Учебное пособие. – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, – 2006. – С. 147-250.
312. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Костина Н.В. Методы синтетического картографирования территории в эколого-информационной системе

- «VOLGABAS» // Материалы шестого междунар. симпоз. «Проблемы экоинформатики». М.: РАН; РАЕН, – 2004. – С. 42-46.
313. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Костина Н.В. Методы синтетического картографирования территории (на примере эколого-информационной системы «VOLGABAS» URL: <http://www.tolcom.ru/kiril>. 2004.
314. 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, –2005. – С. 167-227.
315. Шитиков В.К. Интеллектуальные технологии структурного анализа экологических систем: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Тольятти. – 2006. – 51 с.
316. Шустин В.А., Фокина Л.А. Об использовании географических информационных систем для анализа и прогноза экологической ситуации // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2004. – № 1. – С. 20-25.
317. 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. докл. Междунар. конф. – Тольятти: ИЭВБ РАН, – 1993. – С. 277.
318. Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз / Отв. ред. Г.С. Розенберг и В.Г. Беспалый. – Тольятти: ИЭВБ РАН. – 1994. – 326 с.
319. 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.

320. Янников И.М. Разработка базы данных биоиндикаторов и эталонов биомониторинга // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2011. – № 2. – С. 29-31.
321. Allen Cameron, Metternicht Graciela, Wiedmann Thomas. National pathways to the Sustainable Development Goals (SDGs): A comparative review of scenario modelling tools // Environmental science & policy. – 2016. – V 66. – pp. 199-207.
322. *Bagliani M., Ferlaino F., Martini M.* Ecological Footprint Environmental Account: Study Cases of Piedmont, Switzerland and Rhône-Alpes, Torino. Edizioni IRES del Piemonte, – 2005. – 75 p.
323. Bolis, Ivan; Morioka, Sandra N.; Sznclwar, Laerte I. Are we making decisions in a sustainable way? A comprehensive literature review about rationalities for sustainable development // Journal of cleaner production. – 2017. V. 145. – pp. 310-322.
324. Bossel H. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Application, Report to the Balaton Group, IISD, Winnipeg, Canada. – 1999. – 124 p.
325. Chambers N., Simmons C., Wackernagel M. Sharing Nature's Interest: Ecological Footprint as an Indicator of Sustainability. Lond and Sterling (VA): Earthscan Publication Ltd, – 2000.
326. 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. – pp. 253–260.
327. Ewing B., Moore D., Goldfinger S. et al. Ecological Footprint Atlas 2010. Oakland (CA): Global Footprint Network, – 2010. – 113 p.
328. Morris M. D. Measuring the Condition of the World's Poor : The Physical Quality of Life Index. N.Y.: Pergamon Press, – 1979. – 175 p.
329. Our Common Future. World Commission on Environment and Development. Oxford; N.Y.: Oxford Univ. Press, – 1987. – 400 p.
330. Parks for Life: Report of the IVth World Congress on National Parks and Protected Areas, 4th, Caracas, VE, – 10-21 February 1992. – 260 p.

331. Rees W.E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out // *Environment and Urbanisation*. – 1992. – V. 4, No. 2. – pp. 121-130.
332. Rozenberg G.S. Complex analysis of ecological problems of Volga River // *Окружающая среда для нас и будущих поколений: экология, бизнес и права человека в новых условиях: Тез. докл. II Междунар. конгр. (Самара – Астрахань – Самара, 12-19 сентября 1997)*. Самара: СамГТУ, – 1997. – С. 98-99.
333. Rozenberg G.S. Expert systems "REGION" and "RESERVOIR" as instruments of simulation of diffuse pollution of large-scale ecosystems and reservoirs // *Proceeding of the Second International IAWQ Specialized Conference and Symposia on Diffuse Pollution (DIFuse-POL'95)*. Part 1. Brno; Prague (Czech Republic), – 1995. – pp. 72-77.
334. Rozenberg G.S., Kostina N.V. Dialogue system of ecological prediction // *Simulation of Systems in Biology and Medicine*. Prague (Czechoslovakia), – 1990. – pp. 115-119.
335. Rozenberg G.S., Kostina N.V., Kudinova G.E., Rozenberg A.G. Servizi ecosistema innovazione pilastri dello sviluppo sostenibile (per esempio Volga bacino) // *Italian Science Review*. – 2014. – V.3 (12). – pp. 288-291. (URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/march/Rozenberg-Kostina.pdf>.)
336. Rozenberg G.S., Lazareva N.V., Simonov Y.V., Lifirenko N.G., Sarapultseva L.A. Integration of the problem of medical ecology on the level of the highly urbanized region // *International Journal of Environmental and Science Education*. – 2016. – T. 11, № 15. – С. 7668-7683.
337. Rozenberg G.S., Shitikov V.K. Expert system "REGION" as instrument of simulation of a large-scale ecosystems and reservoirs // *Экологические проблемы бассейнов крупных рек: Тез. докл. Междунар. конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, – 1993. – С. 264.*

338. Rozenberg G.S., Shitikov V.K., Kostina N.V. The principle of "ecological matreshka (a set of nesting doll)" in the system of the analysis of multivariate ecological data // V Winter Symposium on Chemometrics, February 18-23, 2006, Samara, Russia. T7. Samara, – 2006. – URL: <http://www/chemometrics.ru/wsc5/eng/schedule.php>.
339. Rydzewski P. General Social Survey and Sustainable Development. Methodological and Empirical Aspects // Problemy ekorozwoju. – 2017. – V.12, N 1. – pp. 21-29.
340. Safonov G. , Bobylev S., Perelet R., Davydova A., Kokorin A., Shmeleva I., Ponizova O., Shevchenko D., Kondratyev S., Agibalov S., Shevchuk A., Kreindlin M., Dobrovidova O., Usov Y., Zhevlakova M., Shvarts Y., Kolesova Y., Reznikov I., Yusupov D., Sycheva A., Asadcheva M., Shabaldin A., Yegorov I., Stepanova M., Gasho Y., Popravko N., Matyagina A., Gordy-shevsky S., Grachyova Y., Khmeleva E. Sustainable development in Russia. Berlin; St. Petersburg: German-Russian Exchange Berlin and Russian-German Environmental Information Bureau, – 2013. – 203 p.
341. Sustainable Development Indicators. Departament for Environmen Food and Rural Affairs (Defra). – July 2013. – 100 p. (www.gov.uk/defra)
342. Van Vuuren D.P., Smeets E.M.W. Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands // Ecol. Economics. – 2000. – V. 34. – pp. 115-130.
343. Wan Luhe; Zhang Yuwei; Qi Shaoqun; et al. A study of regional sustainable evelopment based on GIS/RS and SD model - Case of Hadaqi industrial corridor // Journal of cleaner production. – 2017. – V.142. – pp. 654-662.
344. Zhao Jingzhu, Liu Xin, Dong Rencai et al. Landsenses ecology and ecological planning toward sustainable development // International journal of sustainable development and world ecology. – 2016. – V. 23. N 4. – pp. 293-297.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Структура таблиц ЭИС REGION

Общие таблицы

OBJ (объекты)

Поле	Тип	Комментарии
O_IND	Сч	Индекс
O_NAME	T30	Наименование объекта
O_KRA	Ц	Количество районов/областей
O_POK	T3	Идентификатор объекта
O_KU	Ц	Количество участков

Значения полей и идентификаторы общих переменных

0	1	2	3	4
O_IND	O_NAME	O_KRA	O_POK	O_KU
1	Самарская область	27	SA	287
2	Волжский бассейн	24	W	210
	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ_РАЙОН	Об	КОЛ_УЧ

RUBRIC (рубрикатор)

Поле	Тип	Комментарии
rub_ind	Сч	Индекс
rub_SH	T3	Код рубрики
rub_NAME	T50	Наименование

ТНастр (для отображение картограммы)

Поле	Тип	Комментарии
N_ind	Дц	Индекс
N_gorod	Лог	для городов
N_GrW	Лог	для границы Волжского бассейна
N_GrR	Лог	для границ районов/областей
N_W	Лог	для водных объектов

ТаблРегрес

Поле	Тип	Комментарии
код	Дц	Индекс
RKcoef	Опт	Коэффициент регрессии
RVes	Опт	Вес

Таблицы объектов**(W/SA)Pokaz** (показатели)

Поле	Тип	Комментарии
P_ind	Сч	Индекс
P_sh	T3	Код рубрики
P_NANE	T80	Наименование показателя
B	T1	Метка наличия баллов
U	T1	Метка «по участкам»
R	T1	Метка «по районам»
G	T1	Метка «по городам»
FLAG	Лог	

Поле	Тип	Комментарии
P_Bmin	Опт	Минимальное значение для нормир.
P_Bmax	Опт	Максимальное значение для нормир.
P_K	Опт	Весовой коэффициент
P_min	Лог	С 0 или 1 в картограмме
P_Rflag	Лог	Метка для включения в регресс.анализ
P_Srednee	Опт	Среднее
P_Zmin	Опт	Минимальное значение показателя
P_Zmax	Опт	Максимальное значение показателя

(W/SA)XU1

Поле	Тип	Комментарии
u_ind	Сч	Индекс
u_kodPok	ДЦ	Код показателя (таблица Pokaz → P_ind)
X1	Опт	Числовое значение участка 1
X2	Опт	-"- 2
...	-"-	
X100	Опт	-"- 100

(W/SA)XU2

Поле	Тип	Комментарии
u_ind	Сч	Индекс
u_kodPok	ДЦ	Код показателя (таблица Pokaz → P_ind)
X101	Опт	Числовое значение участка 101
X102	Опт	-"- 102
...	-"-	
X200	Опт	-"- 200

(W/SA)XU3

Поле	Тип	Комментарии
u_ind	Сч	Индекс
u_kodPok	ДЦ	Код показателя (таблица Pokaz → P_ind)
X201	Опт	Числовое значение участка 201
X202	Опт	-"- 202
...	-"-	
X210/287/292	-"-	

(W/SA)ПокзВбаллах

Поле	Тип	Комментарии
Код	Сч	Индекс
B_pok	Дц	Код показателя (таблица Pokaz → P_ind)
B_str1	T100	Строка баллов с 1 по 100 участок
B_str2	T100	-"- с 101 по 200 участок
B_str3	T10/87/92	-"-
B_min	Ц	Минимальный балл
B_max	Ц	Максимальный балл
B_gr	Ц	Число градаций
B_sh	Лог	Метка для баллов по шкале

(W/SA)коор

(для отрисовки контура границ районов/областей)

Поле	Тип	Комментарии
k_ind	Сч	Индекс
k_kodO	Дц	код района/области
k_x	Ц	Координата по x
k_y	Ц	Координата по y

(W/SA)СеткаКр (участки по сетке)

Поле	Тип	Комментарии
c_инд	Сч	Индекс
c_район	Ц	Номер района
c_номер	Ц	Номер участка
c_x	Ц	x-координата участка
c_y	Ц	y-координата участка
c_значение	Опт	

(W/SA)Район

Поле	Тип	Комментарии
r_инд	Сч	Индекс
r_ранг	Ц	Для сортировки
r_наимен	T20	Наименование
r_нач	Ц	Номер начального участка
r_кон	Ц	Номер конечного участка
r_значение	Опт	
r_пл	Опт	Площадь (кв.км)
R_нас	Опт	Численность населения (тыс.чел.)

(W/SA)W (для отрисовки водных объектов)

Поле	Тип	Комментарии
Код	Сч	Индекс
W_l	Ц	
W_x	Ц	Координата по x
W_y	Ц	Координата по y

(W/SA/Br)gorod

Поле	Тип	Комментарии
g_ind	Сч	Индекс
g_name	T30	Наименование
g_x	Дц	Координата по x
g_y	Дц	Координата по y
g_r	Лог	

Условные обозначения:

Сч – Счетчик; TN – текстовая переменная, N – число символов; Ц – короткое целое; Дц – длинное целое; Лог – булева (логическая) переменная; Опт – Оди-
нарное с плавающей точкой.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2015620402

Экспертно-информационная база данных состояния
социо-эколого-экономических систем разного масштаба
«REGION» (ЭИБД «REGION»)

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт экологии Волжского бассейна
Российской академии наук (RU)*

Авторы: *Розенберг Геннадий Самуилович (RU), Шитиков Владимир
Кириллович (RU), Костина Наталья Викторовна (RU), Кузнецова
Разина Саитнасимовна (RU), Лифиренко Наталья Геннадьевна (RU),
Костина Маргарита Алексеевна (RU), Кудинова Галина Эдуардовна
(RU), Розенберг Анастасия Геннадьевна (RU)*

Заявка № 2014621464

Дата поступления 30 октября 2014 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 27 февраля 2015 г.



Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий