

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)
федеральный университет», д.г.-м.н.,
профессор

Нургалиев Д.К.

«19» _____ 2017 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Костиной Натальи Викторовны «Интегральная оценка устойчивого развития территорий Волжского бассейна с применением экспертной информационной системы РЕГИОН», представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология)

Актуальность темы исследования. В последние десятилетия в мире большое внимание уделяется вопросам устойчивого развития. Эта проблема была выделена как наиболее значимая в 1987 году Генеральной Ассамблеей ООН: «Обеспечение устойчивого развития человечества — наиболее значимая проблема, стоящая перед мировым сообществом». Это связано в первую очередь с осознанием воздействия экономической деятельности человека на окружающую среду, которое проявляется во всех масштабах, включая региональный и глобальный. Это делает актуальной задачей поиск объективных количественных индикаторов для оценки текущего состояния социо-эколого-экономических систем (СЭЭС) разного уровня на конкретной территории, определение связей между их состоянием и его динамикой, и характеристиками антропогенного воздействия, а также построение надежных прогнозных моделей.

Такая работа невозможна без использования современных информационных систем, позволяющих накапливать и анализировать большие объемы разнородной пространственно-временной информации,

связанной со всеми сторонами деятельности и развития социо-эколого-экономических систем, диагностировать критические состояния и степень близости к ним, динамику, и принимать меры, сохраняющие баланс человеческой деятельности с естественно-эволюционным развитием природы. Целью исследования был анализ состояния социо-эколого-экономических систем территории Волжского бассейна, для которого подобные комплексные исследования ранее не проводились, и построение прогнозов устойчивого развития с использованием экспертной информационной системы REGION.

Диссертация Костиной Н.В. является исследованием, в котором на примере крупной социо-эколого-экономической системы на территории Волжского бассейна, проведено систематическое исследование влияния антропогенных факторов на экосистемы различных уровней, на их отдельные компоненты (в том числе на биоразнообразие) с целью оценки такого влияния, и прогноза последствий при различных сценариях развития ситуации. Полученные результаты позволяют разрабатывать экологически обоснованные нормы воздействия хозяйственной деятельности человека на живую природу, обеспечивающие устойчивое развитие человеческого общества при сохранении биоразнообразия и стабильного состояния природной среды.

Учитывая вышесказанное, выбранная тема исследования Костиной Н.В. является *актуальной, научно и практически значимой*.

Для достижения поставленной цели в работе сформулированы и решены задачи анализа пространственного распределения показателей биоразнообразия на примере территории Самарской области (по физико-географическим районам), выявлен характер зависимости показателей биоразнообразия от природных и антропогенных факторов на исследуемой территории, и на основе полученных моделей осуществлен прогноз дальнейшего развития экосистем по показателям биоразнообразия; на примере территории Волжского бассейна проведена оценка пространственного распределения комплексных показателей, полученных с помощью экспертно-информационной системы REGION (ЭИС REGION);

оценено пространственное распределение показателей устойчивого развития: индекса развития человеческого потенциала, «экологического следа» и показана их взаимосвязь с другими индексами и индикаторами устойчивого развития; предложен метод интегральной оценки по комплексу индексов и индикаторов устойчивого развития и оценено социальное, экологическое и экономическое состояние административных единиц Волжского бассейна. Кроме этого, в работе реализован метод полярной ординации, позволяющий оценить степень «критичности» состояния СЭЭС по комплексу признаков, построены нелинейные регрессионные модели зависимостей, и на их основе оценен вклад различных факторов в изменение состояния СЭЭС.

Диссертация Костиной Н.В. изложена на 265 страницах текста, состоит из введения, пяти глав, заключения и выводов, списка цитированной литературы (344 наименования, в том числе 24 на иностранных языках) и приложения. Работа содержит 108 рисунков и 32 таблицы.

Во *Введении* обосновывается актуальность проведенного исследования, сформулированы цель и задачи исследования, положения, составляющие научную новизну и практическую значимость, а также положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации диссертации на конференциях различного уровня и об опубликовании полученных результатов в реферируемых журналах, указан личный вклад автора.

Глава 1 «Анализ и разработка систем индексов и индикаторов для целей устойчивого развития территорий. Роль информационных систем в оценке состояния социо-эколого-экономических систем» представляет собой литературный обзор понятий, связанных с устойчивым развитием, моделей и принципов управления. Выделена актуальность учета экологических аспектов устойчивого развития и определения критериев оценки состояния и прогноза дальнейшего развития сложной системы, включающей природную, производственную, демографическую, социальную и институциональную составляющие.

Отмечено, что в настоящее время в мире продолжается разработка критериев устойчивого развития и выбор соответствующей системы

индикаторов и индексов, позволяющих целенаправленно соизмерить на единой шкале сложные объекты или системы, состоящие из непосредственно несопоставимых элементов. Указаны требования, предъявляемые наборам индикаторов и индексам, разработанных для целей устойчивого развития на глобальном, государственном, региональном и локальном уровнях. Рассмотрены индикаторы, предложенные Комиссией ООН по устойчивому развитию, система индикаторов Организации экономического сотрудничества и развития, системы индикаторов, разработанные в отдельных странах, в том числе в Российской Федерации. Отмечено, что учет особенностей регионального развития приводит к необходимости создания собственных систем индикаторов регионального уровня и их комплексного анализа, приведен список индикаторов с обсуждением их свойств и назначения.

Приведен обзор требований к базам данных, содержащим экологическую информацию, приведены основные решаемые задачи (определение критических состояний; пространственное распределение экологических оценок; построение моделей; рассмотрение сценариев дальнейшего развития), приведены примеры картографических исследований природных систем в целом и их отдельных компонентов. Рассмотрены модели, которые позволяют анализировать сценарии дальнейшего развития социо-эколого-экономической системы и ее отдельных компонент.

В Главе 2 «Экспертно-информационная система REGION» приведено описание экспертно-информационной системы REGION (ЭИС REGION), которая является частью работы автора в рамках диссертации, и которая использовалась как основной инструмент в работе. Созданные в системе базы данных и предоставляемые ею функциональные возможности позволяют проводить комплексную обработку данных в зависимости от поставленных целей и задач. Опирающаяся на системный подход, интегральная оценка социо-эколого-экономического состояния территорий дает возможность определить «проблемные» и «благополучные» зоны. В качестве ОТЕ (операционно-территориальных единиц) в системе используется регулярная сетка участков, представленных ячейками,

соответствующими региональному уровню анализа, и детальности имеющихся данных. Для анализа ОТЕ могут объединяться в более крупные единицы, такие, как административные единицы, ландшафтные районы, и т.д. Для Волжского бассейна использованы 210 участков площадью 6,5 тыс. км², для территории Самарской области – 287 участков площадью 193 км², что обеспечивает достаточную пространственную детальность и компромисс между социально-экономическими показателями, которые имеют административную привязку, и показателями, характеризующими природную среду, и имеющими, как правило, иногда более детальное пространственное разрешение, не зависящее от административного деления.

Указаны основные функциональные возможности ЭИС REGION, описана структура используемой базы данных. Указана необходимость унификации разнородной информации. Достаточно детально описана структура ЭИС REGION, ее реализация, рубрикаторы, структура пространственной вложенности для показателей различной детальности. Приведен общий алгоритм обработки, методы нормирования (унификации), преобразования и визуализации показателей. Показаны имеющиеся в системе методы получения комплексных показателей. Подробно описан алгоритм получения оценки состояния с использованием полярной ординации. Описан алгоритм, основанный на обобщенной функции желательности.

Описана процедура построения множественной регрессии с использованием метода Лиепы для декомпозиции модельной (объясненной) дисперсии зависимой переменной по независимым переменным с оценкой вклада каждой переменной и его статистической значимости. Указаны методы моделирования нелинейностей в связях, когда регрессия строится от нелинейных функций от независимых переменных.

В главе обзорно даны результаты исследований на примере территорий Волжского бассейна и Самарской области с районированием в пространстве эколого-экономических и медико-демографических параметров, прогноз первичной биопродуктивности территории Волжского бассейна в условиях изменения климата, дано сравнение с существующими моделями. Приведены результаты анализа заболеваемости населения как индикатора качества

жизни (заболеваемость злокачественными новообразованиями и смертность от них; коэффициент младенческой смертности) по административным единицам Волжского бассейна и заболевания системы кровообращения по Самарской области. Во всех случаях выделены значимые факторы, и оценен их вклад.

В заключение приведено районирование территории Волжского бассейна по комплексу социально-эколого-экономических параметров и дан прогноз изменений индексов устойчивого развития на территории Волжского бассейна в условиях различных сценариев с вычленением информативных факторов и их вклада для различных индексов.

Глава 3 «Оценка и пространственный анализ видового разнообразия Самарской области, тенденций его изменения под воздействием антропогенных факторов» посвящена анализу биоразнообразия, представленного видовым богатством и некоторыми другими индексами. Для оценки степени нарушенности по сравнению с естественным состоянием в данных экологических условиях используется сравнение с «эталонным» сообществом.

Проведен анализ биоразнообразия Самарской области на основе балльных оценок встречаемости видов и их эколого-ценотической приуроченности по 11 физико-географическим районам, каждый из которых обладает сравнительно однородными природными условиями. Для оценки антропогенного влияния использовались показатели по административным районам. Для оценки состояния использовались комплексные показатели для физико-географических районов, основанные на расчете индексов видового разнообразия Шеннона, Макинтоша, и обратной величины индекса Симпсона. Оценка состояния территории Самарской области осуществлялась по редким видам сосудистых растений, как эталон использовался Жигулевский район, на территории которого расположены Жигулевский заповедник и национальный парк «Самарская Лука», построены карты районирования состояния Самарской области по комплексу охраняемых видов сосудистых растений.

Проведен анализ видового состава флоры по трем таксономическим группам: папоротникообразные *Polypodiophyta* (21 вид), семейств *Cyperaceae* (92 вида) и *Poaceae* (177 видов), достаточно широко представленные на территории. По мнению автора-соискателя, полученные оценки фиторазнообразия отражают распределение общего фиторазнообразия по Самарской области с учетом ландшафтных особенностей и степени антропогенной трансформации.

Проведена оценка состояния территории по видовому составу пресмыкающихся (от 4 до 10 видов на район), орнитофауны (всего 184 вида, от 92 до 161 вида на район) и млекопитающих (74 вида из 6 отрядов, от 38 до 62 видов на район). Выявлены тенденции изменения биоразнообразия под воздействием антропогенных факторов, включающих плотность населения, процент распаханности земель, обобщенную сельскохозяйственную нагрузку, обобщенную оценку загрязнения атмосферного воздуха, обобщенный показатель рекреационной нагрузки. Получены регрессионные уравнения, связывающие индексы разнообразия с природными, климатическими и антропогенными факторами, получены оценки вклада каждого фактора. С использованием информации ЭИС REGION был проведен анализ зависимости распространения отдельных видов от природных параметров и антропогенных факторов на примере Самарской области с построением карт. На основе состава флоры сосудистых растений муниципальных районов Самарской области получены «экологические спектры» ведущих семейств флоры, 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» посвящена анализу экологических аспектов устойчивого развития. Рассмотрен подход к оценке состояния окружающей среды и эффективности проводимой экологической политики в рамках «светофорной» идеологии, предполагающей отслеживание изменений значений показателей-индикаторов, отражающих деградацию природных экосистем. В качестве

таких индикаторов автором используется оценка нарушений естественного сложения флор на основе семейственного спектра. Основными инструментами такого анализа выбраны спектры индексов разнообразия семейств (СИРС), а так же нормированный индекс представленности. Информационной основой для анализа служат 300 отдельных локальных описаний флоры территории Самарской и Ульяновской областей, а также опубликованные списки видов сосудистых растений на территории Волжского бассейна различных авторов (более 20 источников).

Метод анализа опирается на интерпретацию кривой СИРС и положения на ней отдельных индексов (Шеннона, Маргалефа, нормированного индекса представленности семейств). Анализ по флористической составляющей административных единиц Волжского бассейна позволил оценить их степень устойчивости.

На основе данных за 1995 и 2009 г. проведена оценка изменений экологического состояния Волжского бассейна с использованием 12 показателей, включающим антропогенные, социальные и экономические факторы. Дана экологическая оценка территории Волжского бассейна с использованием обобщенной функции желательности как интегрального индикатора состояния (использованы пять «нежелательных» показателей, отрицательно влияющих на экологическую обстановку, и два «желательных», влияющих положительно); за оптимальные значения принимались минимальные (максимальные) значения в выборке. В завершение выполнен анализ индикаторов, связанных с человеческим капиталом, и их зависимость от некоторых факторов, характеризующих устойчивое развитие территорий Волжского бассейна (11 показателей). Результаты представлены в наглядном виде (в виде картосхем). Полечены уравнения зависимостей, выделены ведущие факторы, и сделана оценка их вклада.

Глава 5 «Статистический анализ пространственно-временного распределения индексов и индикаторов устойчивого развития» посвящена статистическому анализу индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП), «экологического следа» и его взаимосвязь с другими индексами

устойчивого развития, и интегральной оценке индексов устойчивого развития территорий Волжского бассейна.

Исследована динамика ИРЧП за 10 лет, получены уравнения множественной линейной регрессии зависимости ИРЧП от некоторых факторов с вычленением ведущих факторов и оценкой их вклада. Сделан вывод о том, что необходимо совместное использование всего комплекса показателей, представляющих три основных аспекта такого развития – социальный, экономический и экологический.

Выполнен анализ «экологического следа», численно отражающего антропогенное давление на биосферу, проведено сопоставление результатов для Волжского бассейна с общероссийскими и мировыми показателями. Рассмотрена корреляционная зависимость параметра «экологического следа» от других индексов устойчивого развития и ее статистическая значимость.

В завершение выполнена интегральная оценка индексов устойчивого развития территорий Волжского бассейна с использованием 9 индексов и индикаторов. В качестве методов интегральной оценки использовался корреляционный и факторный анализ результатов полярной ординации (с выделением эталонного и критического модельных объектов), а также обобщенная функция желательности. Основываясь на результатах анализа, предложены две стратегии управления для различных групп административных единиц.

Диссертация завершается общим Заключением и выводами, обобщающими полученные результаты и закономерности, а также дающие перспективу применения разработанных аналитических систем для решения реальных задач устойчивого развития территорий.

Характеризуя диссертационную работу Костиной Н.В. в целом, необходимо отметить широкое применение автором различных методов математических и статистических расчетов, которые в совокупности своей обеспечивают достоверность полученных результатов. Это методы информационной обработки, включенные в состав ЭИС REGION: нормирование исходных данных, получение балльных оценок,

синтезирование интегральных показателей, методы регрессионного, корреляционного и факторного анализа, ординации.

Несомненна *научная новизна* исследования. 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. Многофункциональные возможности ЭИС REGION позволили оценить состояние социо-эколого-экономических систем территории Волжского бассейна на основе синтезированных интегральных показателей. Анализ зависимостей показателей биологического разнообразия (классификационно-регрессионные методы оценки) выявил доли влияния природных и антропогенных факторов.

Прикладная значимость проведенного исследования связана с развитием возможностей 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.

В ходе выполнения работы Костина Н.В. проявила большое понимание со-временных трендов информационного анализа, связанных с возрастающей ролью количественных методов и математической статистики, использованием баз данных.

Однако, к диссертации Костиной Н.В. имеется ряд замечаний, имеющих непринципиальный, но все же необходимый к упоминанию, характер:

1. Хотя мировой опыт и представлен в обзоре, автор в работе опирается в основном на традиционные методы анализа отечественных авторов. Например, при корреляционном анализе не учитывался пространственный контекст (пространственная корреляция), в качестве критерия качества моделей использовались только показатели «подгонки» к данным, не использовалась перекрестная проверка и аналогичные методы оценки адекватности моделей и ее прогнозных свойств. Для контроля выявленных модельных зависимостей не применялись альтернативные методы оценки значимости и вклада факторов, например, классический дисперсионный анализ. Использованный метод Лиепы не учитывает корреляции факторов, и может давать смещенные оценки значимости; для анализа заболеваемости принято использовать Пуассоновскую регрессию.
2. Использование полярного метода ординации не всегда дает хороший результат (например, Рис.107, где объекты расположены на линии, ортогональной полярной оси). Как дополнительное средство анализа можно было использовать методы (нелинейного) многомерного шкалирования, а также анализа соответствия (СА и ССА)
3. Не для всех моделей указаны статистические результаты (уровень значимости для выбранных факторов, объем использованной выборки, доля объясненной дисперсии).
4. В работе, хотя бы кратко, не приводится характеристика фитоценотического разнообразия исследованной территории. Анализ состояния биологического разнообразия сосудистых растений, выполненный по спектру ведущих семейств локальных флор, не сопровождается сведениями об общем количестве видов, входящих в их состав. Не понятна фраза «выполнено 300

отдельных локальных описаний флоры на территории Самарской и Ульяновской областей». Это геоботанические описания или конкретные флоры по Толмачеву, каков их объем? Не достаточно корректно мотивировано использование *Polypodiophyta*, *Poaceae* и *Superaceae* в качестве суррогатных объектов для оценки состояния и динамики разнообразия флоры в целом. Не удачно использование понятия «особоохраняемые виды».

Указанные замечания не снижают общего благоприятного впечатления о работе. Материалы диссертации прошли прекрасную апробацию на многочисленных конференциях и знакомы научной общественности. Они опубликованы в отечественных научных журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов докторских диссертаций. Автореферат и опубликованные работы отражают содержание диссертации. Диссертация соответствует специальности экология, пункт «Экология человека – изучение общих законов взаимодействия человека и биосферы, исследование влияния условий среды обитания на людей (на уровне индивидуума и популяции). Разработка принципов и механизмов, обеспечивающих устойчивое развитие человеческого общества при сохранении биоразнообразия и стабильного состояния природной среды».

С результатами исследования следует ознакомить организации, работающие в области анализа эколого-социально-экономических систем и регионального управления: Министерство регионального развития РФ, региональные органы управления субъектов Российской Федерации, расположенных на территории Волжского бассейна. Результаты могут использоваться в учебных курсах для студентов экологических и управленческих направлений в ведущих университетах, расположенных на территории Волжского бассейна.

На основании вышесказанного считаем, что диссертация Костиной Н.В. «Интегральная оценка устойчивого развития территорий Волжского бассейна с применением экспертной информационной системы РЕГИОН» соответствует требованиям п.9-11,13,14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства Российской Федерации от

24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к докторским диссертациями, как научно-квалификационная работа, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области комплексного анализа социо-эколого-экономических систем регионального уровня. Автор работы, Костина Наталья Викторовна, достойна присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология).

Отзыв заслушан и одобрен на совместном заседании кафедр моделирования экологических систем и общей экологии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжской) федеральный университет» 7 сентября 2017 г., протокол № 2.

Отзыв составили

профессор кафедры моделирования экологических систем
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
д.б.н. 03.02.08 – экология (биология),

профессор

тел. 8-843-238-36-13

E-mail: Anatoly.Saveliev@kpfu.ru

Савельев Анатолий Александрович

Профессор кафедры общей экологии
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
д.б.н. 03.02.08 – экология (биология),

профессор

тел. 8-843-238-36-13

г.Казань, 420008, ул.Кремлевская, 18

E-mail: Tatiana.Rogova@kpfu.ru

Рогова Татьяна Владимировна

