

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ПРИРОДООХРАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ*

В. И. ЛАВРИК

Национальный университет “Киево-Могилянская академия”,

Киев, Украина

e-mail: olexiy@dcss.ukma.kiev.ua

В. Н. БОГОЛЮБОВ

Национальный аграрный университет, Киев, Украина

e-mail: agroeco_chair@twin.nauu.kiev.ua, bogvol@ukma.kiev.ua

Foundations of an expert Geoinformatic System for environmental protection is considered from the point of view of the establishment of the criteria for the estimation of the conditions and trends of change of the natural landscape complexes. System approach and analysis, as well as modern ESRI software resources are employed.

1. Постановка задачи и методология ее решения

Известно, что влияние человечества на природные системы осуществляется путем обмена информацией, веществом и энергией. Во многих случаях это приводит к нарушениям сложившегося экологического равновесия, а также к существенному снижению скорости протекания разнообразных процессов естественной саморегуляции. Кроме интенсивной эксплуатации природных ресурсов хозяйственная деятельность человека порождает такие явления, как эрозия почв, загрязнение атмосферы и гидросферы отходами энергетики, транспорта, промышленности и сельского хозяйства. Современные масштабы влияния человека на разные компоненты биосферы во многих случаях приводят к необратимым изменениям жизненно важных параметров окружающей среды (геохимических, гидрологических, гидрометеорологических и др.), которые существенно и пагубно влияют как на развитие растительного и животного мира, так и на состояние здоровья и безопасность жизни человека. Такие изменения наиболее ощутимы на локальном уровне, однако уже очевидны глобальные проблемы как в изменениях климата, так и в биосфере в целом.

Вопросы изучения и прогнозирования антропогенных изменений в экосистемах Земли находятся в тесной взаимосвязи с такими глобальными проблемами современности, как охрана окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов и обеспечение устойчивого развития общества. Загрязнения окружающей среды в последние

*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда фундаментальных исследований Министерства образования и науки Украины и Министерства аграрной политики Украины.

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2005.

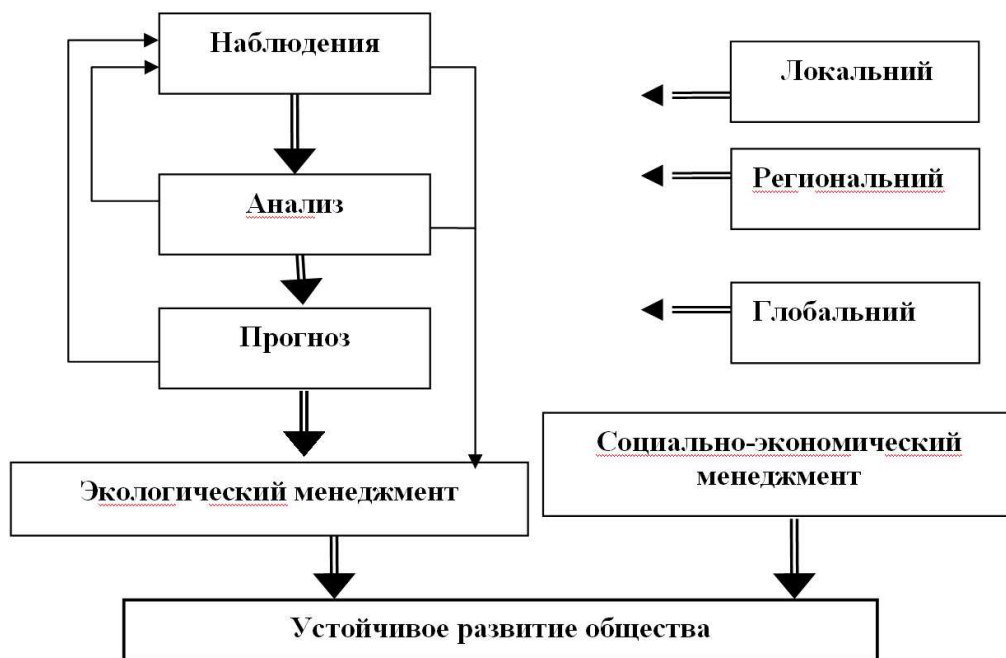


Рис. 1. Примерная блок-схема реализации концепции устойчивого развития общества.

десятилетия XX века приобрели катастрофические масштабы и поставили под угрозу существование самого человека как биологического вида. На сегодняшний день наиболее приемлемой стратегией развития общества с точки зрения выживания является концепция устойчивого развития (sustainable development). На наш взгляд, одной из основных проблем реализации этой концепции является организация научно обоснованной системы экологического менеджмента, основывающегося на объективных данных экологического мониторинга (рис. 1).

Таким образом, наблюдаемые огромные масштабы изменений характеристик и параметров окружающей среды, которые нужно отслеживать и анализировать, требуют разработки новых эффективных методов решения этих сложных экологических проблем.

2. Формулирование требований к экспертной системе

Априори можно выделить два главных требования к формированию системы показателей, которые характеризуют экологическое состояние экосистем.

Простота и удобство использования. При большом количестве показателей становится практически невозможным одновременно в отдельные моменты времени получить достоверную информацию обо всем массиве характеристик, которые определяют состояние и динамику функционирования природных систем и комплексов. Кроме того, в реальном масштабе времени большое количество показателей тяжело привести в порядок, проанализировать и определить взаимосвязи между характеристиками естественной системы и факторами, которые влияют на смену этих характеристик.

Достоверность идентификации состояния природных комплексов. При небольшом количестве показателей не всегда удовлетворяются требования к полноте и достоверности информации для решения данной задачи из-за недостаточного разнообразия показателей и недостаточной для практики точности отражения структурных параметров и функцио-

нальных процессов, которые определяют экологическое состояние определенной природной системы или комплекса.

Одним из наиболее мощных инструментов изучения и прогнозирования состояния природных экосистем в условиях интенсивного антропогенного влияния можно считать экспертные геоинформационные системы, создаваемые на основе современных компьютерных информационных технологий.

Создание экспертных природоохранных геоинформационных систем (ЭПГИС) предусматривает целый комплекс разнообразных мероприятий — от обоснования критериев и показателей состояния объектов окружающей среды до создания электронных карт всех регионов, которые находятся под отрицательным антропогенным влиянием. Такой подход помогает оперативно выявлять негативные изменения, которые наблюдаются сегодня или же могут появиться в будущем в структурах и функциональных особенностях природных комплексов.

Оценку состояния природных систем можно осуществлять исходя из разных подходов, но ни один из них на сегодня не имеет существенных преимуществ перед другими и не может претендовать на научную завершенность. Больше того, сегодня еще не создана достаточно эффективная система оценки состояния биосферы и ее компонентов, хотя в этом отношении уже сделано немало [1–6]. Разработка такой системы показателей практически невозможна без применения методов системного анализа и математического моделирования [5, 7–9].

Для эффективного использования методов системного анализа необходимо придерживаться его общих концептуальных принципов и положений. Рассмотрим наиболее важные для разработки ЭПГИС концепции системного анализа.

Концепция цели. Формулирование цели исследования содержит в своей начальной постановке некоторую неопределенность, которая вызвана недостатком априорной информации об исследуемом явлении или процессе. Источником информации, как правило, является опыт, или эксперимент. Априорно информация, которая содержится, например, в общих законах природы, позволяет построить математическую модель объекта или явления.

Концепция информационного единства знаний (теоретических и экспериментальных). Для эффективного объединения теории и эксперимента необходимо добиваться такого состояния, когда теоретические концепции (модели) и экспериментальные данные объединяются в единую информационную технологию изучения естественных систем или их компонентов.

Концепция комплексного использования всей доступной информации. Эта концепция базируется на предположении, что максимальное использование всех видов информации возможно, в частности, при условии создания современных компьютерных информационных систем. При оценке состояния природных компонентов и ландшафтов это требование предусматривает возможность прогнозирования изменений в природных комплексах, которые происходят в условиях разнообразной антропогенной нагрузки, путем “проигрывания” разных вариантов (сценариев) поведения исследуемого объекта во всех возможных, в частности экстремальных, условиях его функционирования (имитационное моделирование).

Концепция оптимизации информационных систем. Процесс оптимизации любой информационной системы, в том числе и ЭПГИС, должен отвечать предварительно сформулированной цели. Поэтому в процессе эксплуатации ЭПГИС необходимо обеспечить возможность их усовершенствования, уточнения и корректирования необходимой и име-

ющей информации. Следует также разработать иерархию использования информации и оценки состояния разных природных объектов и их компонентов, которая также будет оказывать содействие поэтапной оптимизации использования информации для достижения поставленной цели.

Таким образом, перечисленные положения указывают на то, что важнейшими задачами при создании ЭПГИС являются определение цели и выбор методов изучения объектов исследования, а также разработка необходимой структуры информационной системы и наполнение ее конкретным содержанием. Для разработки структуры ЭПГИС и определения информационной нагрузки необходимо для начала выбрать или усовершенствовать систему критериев экологической оценки состояния окружающей среды, которая отвечала бы поставленным целям.

Необходимо отметить, что уже в самом названии ЭПГИС (экспертная природоохранная геоинформационная система) раскрыта цель и определены условия, каким должна удовлетворять эта система критериев. В первую очередь она должна обеспечивать приоритет эколого-ландшафтным показателям и характеристикам, т.е. для ЭПГИС наиболее приемлемой должна быть такая методология оценки природных комплексов, которая в значительной мере учитывает ландшафтно-географические факторы, их структуру и функциональные особенности [2, 7, 10–13].

Предложенная блок-схема ЭПГИС включает пять основных блоков (рис. 2).

Первый блок дает возможность оценить структуру ландшафта того или иного района. В нем накапливается информация о параметрах и характеристиках основных составляющих биосферы (в частности, площади и основных характеристиках лесов, лугов, водохранилищ, заповедных зон и т.п.).

Второй блок данных характеризует антропогенное влияние, которое непосредственно изменяет структуру естественных ландшафтов, превращая их в природно-антропогенные.

Используя информацию первых двух блоков, можно сделать оценку и прогноз изменений в структуре основных природно-антропогенных ландшафтов, который имеет большое

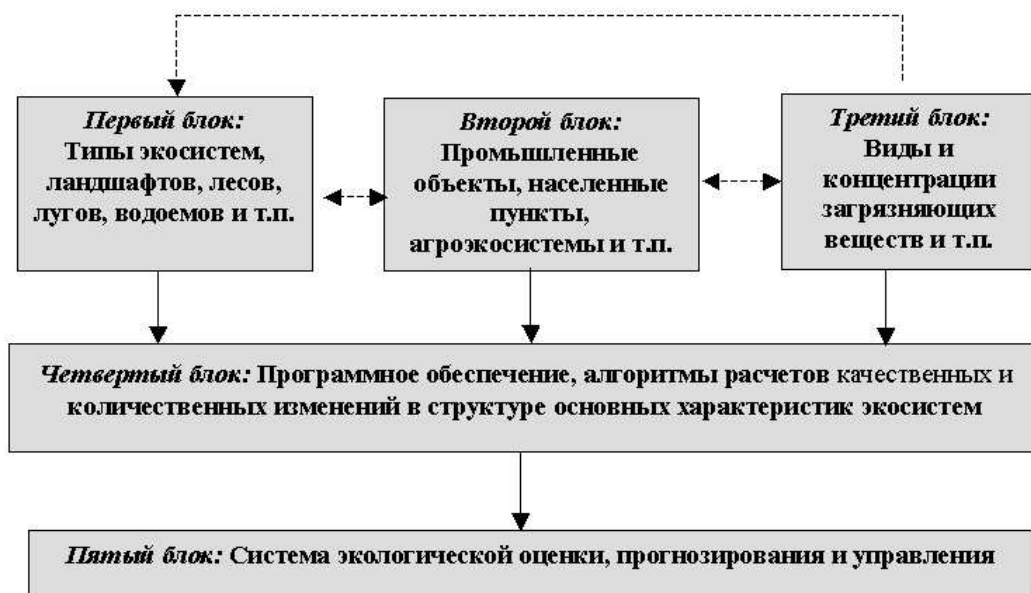


Рис. 2. Блок-схема экспертной природоохранной ГИС.

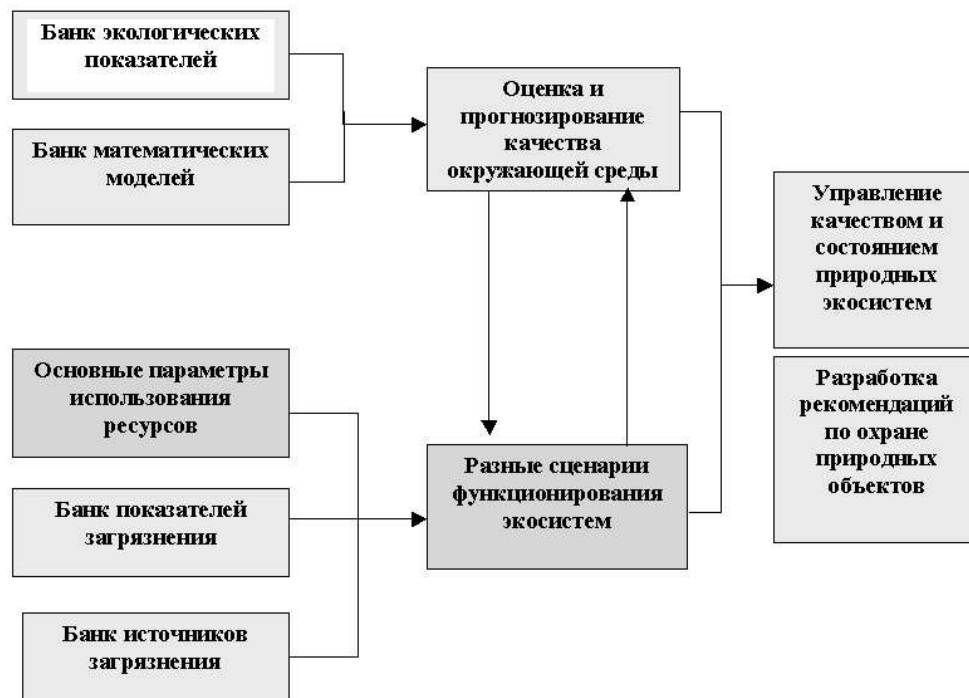


Рис. 3. Структурная схема экспертной природоохранной системы.

значение для определения экологической емкости и способности к самоочищению исследуемых природных систем и ландшафтов [3, 5, 6, 8, 12, 14, 15].

Третий блок накапливает данные о загрязнении воды, воздуха и грунтов наиболее вредными веществами, а также определяет виды и концентрации загрязняющих веществ в разных компонентах биосферы и в отдельных организмах.

Четвертый блок объединяет информацию об отклике разных экосистем на антропогенную нагрузку и с помощью соответствующего программного обеспечения связывает первые три блока в информационно-справочную подсистему. Этот блок содержит информацию о количественных изменениях основных экологических показателей в соответствии с разработанной системой критериев (пока что соответствующая система критериев более или менее полно разработана только для водных экосистем [3, 6, 7, 9, 15, 16]).

Пятый блок формирует экологическую оценку состояния экосистем, а также, используя разные сценарии их функционирования, дает возможность разрабатывать рекомендации для оптимального управления состоянием окружающей среды. При этом оптимизация параметров окружающей среды осуществляется путем постановки численного эксперимента, включая математическое моделирование, разработку разнообразных сценариев. В качестве критерия оптимизации предлагается рассматривать минимум уровня загрязнений в соответствующей экосистеме.

Структурная схема предлагаемой ЭПГИС представлена на рис. 3.

3. Выводы и рекомендации

1. Представленная структура ЭПГИС позволяет оценивать экологическую ситуацию в том или другом районе как с точки зрения определения структуры и экологической емкости

естественных комплексов, так и в отношении загрязнения всех компонентов биосферы.

2. Создание и комплексное внедрение экспертной природоохранной системы дадут возможность не только оперативно получать объективную и достоверную информацию об экологическом состоянии природных объектов и источников их загрязнения, но и разрабатывать научно обоснованные рекомендации относительно экологической оптимизации состояния природных систем и окружающей среды.

Список литературы

- [1] ДАЖО Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975. 415 с.
- [2] ИЗРАЭЛЬ Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.
- [3] ИЗРАЭЛЬ Ю.А., ФИЛИППОВИЧ Л.М. и др. Экологический мониторинг и регулирование состояния природных систем // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 4. Л.: Гидрометеиздат, 1981. С. 6–19.
- [4] ЛАВРИК В.І., БОГОЛЮБОВ В.М. Математичне моделювання процесів самоочищення поверхневого стоку урбанізованих територій // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2004. № 2. С. 62–65.
- [5] ЛАВРИК В.И., НИКИФОРОВИЧ Н.А. Методические основы разработки информационно-экспертной системы для автоматизированной оценки состояния водных экосистем. К., 1993. 51 с. (Препр./АН Украины, Ин-т гидробиологии: № 93.1).
- [6] ШВАРЦ С.С. Эволюция биосферы и экологическое прогнозирование // Вест. АН СССР. 1976. № 2. С. 61–72.
- [7] ЛАВРИК В.И. Методологические аспекты математического моделирования экосистем // Научно-технический прогресс и биология. К.: Наук. думка, 1988. С. 197–215.
- [8] ЛАВРИК В.І. Екологічна ємність і самоочисна здатність водних екосистем: питання їхньої кількісної оцінки // Ойкумена (Український екологічний вісник). 1991. № 4. С. 44–54.
- [9] ОКСЮК О.П., ЖУКИНСЬКИЙ В.М., ЛАВРИК В.І., ЧЕРНЯВСЬКА А.П. Методика екологічної оцінки та нормування якості поверхневих вод України // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2003. № 3. С. 18–28.
- [10] БОГОЛЮБОВ В.М. Концептуальні підходи до розробки ГІС для управління поверхневим стоком урбанізованих територій // Уч. записки Таврического нац. ун-та ім. В.И. Вернадского. Сер. География. 2003. Т. 16(55), № 2. С. 17–21.
- [11] ІЩУК О.О. Методологічні особливості використання аналітичних та моделюючих засобів ГІС для прогнозування і оцінки наслідків надзвичайних ситуацій на території України // Уч. записки Таврического нац. ун-та. Сер. География. 2002. Т. 15(45), № 1. С. 94–102.
- [12] ЛАВРИК В.И., МЕРЕЖКО А.И., СИРЕНКО Л.А., ТИМЧЕНКО В.М. Экологическая емкость и ее количественная оценка // Гидробиолог. журн. 1991. Т. 27, № 3. С. 13–23.
- [13] РУДЕНКО Л.Г., РАЗОВ В.П., ЖУКИНСЬКИЙ О.П. та ін. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води. К.: СИМВОЛ-Т, 1998. 48 с.

- [14] Окснюк О.П., Жукинський В.Н., Брагинський Л.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиолог. журн. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.
- [15] Романенко В.Д., Жукинський В.М., Окснюк О.П. и др. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: СИМВОЛ-Т, 1998. 28 с.
- [16] Гриб И.В. Способ комплексной экспертной оценки экосистем бассейнов рек // Развитие гидробиологических исследований в Украине. К.: Наук. думка, 1993. С. 206–216.

Поступила в редакцию 2 июня 2005 г.