

УДК 528.94

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ГЕОСИСТЕМ (НА
ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В ГОРНОМ КРЫМУ)**

Лычак А.И., Глущенко И.В.

В современной геоэкологии характер объяснения субъект-объектных взаимодействий в экосфере и прогнозирование неблагоприятных геоэкологических ситуаций базируется в основном на рассмотрении трансформации и переноса вещества, энергии и информации. Значительно меньше внимания уделяется анализу пространственно-временных отношений. Однако, нельзя описать систему, опираясь только на его вещественно-энергетические характеристики. Жорж Кювье говорил, что в биологии форма важнее, чем материал. В физике, начиная с А.Пуанкаре и А.Эйнштейна, поставлена задача объяснения закономерностей на основе геометрии. Дж.Уиллер, опираясь на геометродинамическую парадигму, строит физическую картину мира. Многие исследователи разграничивают вещественные и надвещественные, физические и организационные законы (И. Круть). Однако все эти подходы недостаточно используются в науках об охране окружающей среды в целом и геоэкологии в частности.

Проблема пространственно-временного анализа и синтеза во многом определяет проблему получения, фиксации и передачи экологической информации.

Во-первых, пространственно-временная структура служб наблюдений за состоянием окружающей среды недостаточно репрезентативна, она не позволяет получить представления о ситуации в пределах каждого территориального выдела. Совершенно ясно, что формальная математическая интерполяция и экстраполяция в этом случае непригодна, так как изменение экологических характеристик происходит в большой зависимости от ландшафтной структуры, пространственная неоднородность которой очень велика и значительно превышает пространственную частоту точек наблюдений. Наблюдения не охватывают всего спектра изменений (колебаний) экологических характеристик: минимумов, максимумов, циклов, ритмов и т.д.

Во вторых, существует проблема «сенсоров» - естественных или технических систем, способных адекватно в реальном масштабе времени отражать и фиксировать экологически значимую информацию о состоянии окружающей среды в объеме достаточном для принятия управленческих решений. Причем, до настоящего времени отсутствует унифицированная структура необходимого и достаточного универсального пакета экологических параметров.

Со всей очевидностью, возникает потребность в развитии нового научного направления – геосенсорики, основным объектом изучения которой выступали бы геосистемы, а предметом – аспекты, связанные с получением информации о

состоянии географических систем. Геосенсорика могла бы закрыть ту брешь, которая наметилась между бурно развивающимися геоинформационными технологиями и реально существующими способами получения геоэкологической информации.

Ключевое положение в теоретико-методологических предпосылках развития современной геоинформатики занимает теория пространственно-временного анализа и моделирования. Пространственно-временные модели позволяют получить более глубокую и исчерпывающую информацию об устройстве географической оболочки и процессах в ней протекающих. За последние десятилетия выявлены пространственные и временные уровни в геосфере Земли. Для каждого из них свойственны свои закономерности, в них действуют свои силы и факторы. Такое разграничение позволяет упорядочить систему причинно-следственных связей; углубляет и детализирует наши представления об окружающем нас мире; позволяет более строго подойти к вопросам моделирования и прогноза чрезвычайных экологических ситуаций.

Теория пространственно-временного анализа базируется на представлениях Ю.Г.Симонова, В.А.Бокова, А.Ю.Ретеюма, Н.Л.Беручашвили, А.А.Крауклиса и др.[1, 2, 3, 4, 5, 6] об эргодичности, пространственной ординации, катенах, многомерных пространствах, геосистемных взаимодействиях, полиструктурности и полииерархичности. Элементы и объекты экосферы образуют пространственно-временные и эволюционные ряды. Ландшафты и экосистемы связаны в единую пространственно-временную цепь или ряды, что выражается в топоритмической организации географического пространства. Принцип эргодичности, законы факторной относительности Маккавеева-Черванева и закон неинвариантности преобразования подобия позволяет более глубоко раскрыть динамику и эволюцию экосистем.

Учет пространственных (в том числе геометрических) и временных характеристик позволяет значительно уточнить структуру и организацию геосистем, получить более репрезентативную информацию. Пространство и время есть особым образом закодированная информация. В геометрии пространства экосистем отображена вся совокупность прошлых и современных процессов. Геометрия – это своего рода структурная память экосистем. Основные закономерности организации экосферы можно объяснить на базе пространства и времени. Пространственный, в частности геометрический, анализ позволяет более экономно и полно описать ситуацию, дать более полное представление об экологическом потенциале, получить более достоверную информацию.

Пространство и время выступают, с одной стороны, как условия существования явлений, с другой - как форма их существования. Пространственно-временные отношения (краевые и островные эффекты, радиус кривизны, площадь, объем, ориентация, плановая форма, длина, пространственное чередование, длительность процесса, характер чередования явлений и др.) выступают фактором возникновения новых явлений, качеств.

Таким образом, теоретико-методологическим базисом использования геоинформационных моделей при решении геоэкологических задач анализа и

оценивания экологических ситуаций выступает теория пространственно-временного анализа, разработанная в рамках географической науки.

Примером реализации некоторых методологических принципов пространственно-временного анализа может являться исследование, проведенное авторами в горном Крыму при изучении лесорастительных условий.

Лесорастительные условия определяются целым комплексом физико-географических факторов, среди которых важное место занимают высота, крутизна, экспозиция относительно основных потоков, литологический состав горных пород, наличие четвертичных отложений, микроклиматические условия и режим увлажнения. Все эти характеристики должны быть пространственно привязаны к конкретному территориальному выделу, а их соотношение в рамках конкретного временного интервала дает представление об экологическом состоянии данной территории. Определение пространственных контуров таких выделов само по себе является не тривиальной задачей.

Таким образом, важнейшим элементом ГИС-моделирования экологических состояний является проблема выделения и последующего манипулирования элементарными операционными единицами геоэкологического анализа, однородных по своим параметрам структуры и функционирования. Ведь даже близкие по местоположению участки земной поверхности могут по-разному реагировать на воздействие природных и антропогенных факторов.

В геоэкологии разработаны подходы к выделению элементарных операционных единиц (в качестве которых нередко выступают элементарные ландшафтные выделы). Один из таких подходов был предложен А.Н. Ласточкиным, который элементарный ландшафт определяет как: «простейший комплекс взаимосвязанных геокомпонентов в рамках отличной от смежных площадных элементов и относительно однородной по своему местоположению, физико-географическим и геоэкологическим свойствам элементарной поверхности». Основой для выделения таких элементарных единиц является рельеф земной поверхности, который «выступает в качестве уникального источника информации о надлитосферных геокомпонентах ландшафта» [7].

Дифференциация территории по таким очевидным параметрам как высота, уклоны, экспозиция, вертикальная и горизонтальная кривизна, позволяют выделить участки земной поверхности, которые ведут себя одинаково при тех или иных природных и антропогенных процессах и явлениях и образуют территориальные системы, характеризующиеся определенным типом функциональной целостности. А объединение информации о геометрии и топологии таких поверхностей с данными об их физико-географических свойствах (растительный покров, почвы, геология), позволяет интегрировать (дифференцировать) эти участки в площадные объекты – элементарные геоэкологические выделы.

До недавнего времени сдерживающим фактором решения подобного рода задач были технологические трудности, связанные с необходимостью оперировать большими объемами пространственной и количественной информации. Современные геоинформационные технологии в сочетании с математическими пакетами по статистической обработке данных позволяют снять остроту решения

этих проблем. Они позволяют устанавливать связи между объектами разных информационных слоев, проводить комплексный анализ многомерных массивов картографических и атрибутивных данных, приводить полученные результаты к различным формам представления информации и выстраивать ее в временные ряды.

Используя программный пакет ArcGis 8.2, был построен ряд карт по бассейну реки Ворон в горном Крыму, позволяющих оценить как лесорастительные условия, так и реакцию экотопов на воздействие внешних факторов.

В качестве исходного информационного базиса были использованы материалы полевых физико-географических исследований, которые были актуализированы в виде баз данных и цифровых карт.

Основой для моделирования и пространственного анализа элементарных геоморфологических поверхностей являлась цифровая карта рельефа, на основе которой были построены карты уклона земной поверхности, экспозиции, превышения над местным базисом денудации, выделены элементарные бассейны и тальвежная сеть (рис. 1, 2, 3).

Известно, что плоскостной смыв зависит от таких параметров, как углы уклона, экспозиция, подстилающие поверхности. Для территории бассейна реки Ворон особенно подвержены плоскостному смыву участки на крутых склонах, сложенные титонским и таврическим флишем. Они были выделены с помощью стандартных операции геоинформационных систем, таких, как оверлейный анализ, суммирование атрибутивных значений по зонам. Выделить участки земной поверхности, на которых осуществляется концентрация влаги в зимний период, можно, выделяя средние и нижние участки склонов юго-западной экспозиции (рис.4).

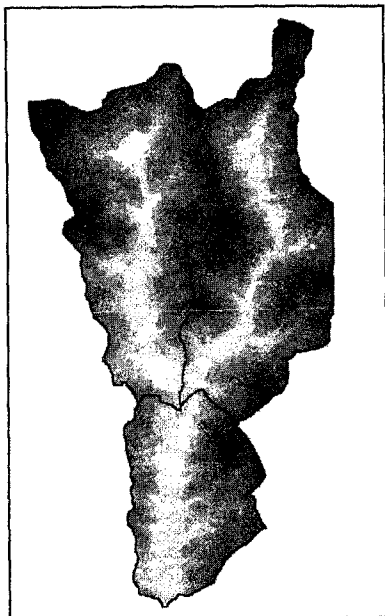


Рис. 1. Карта превышений над местным базисом эрозии

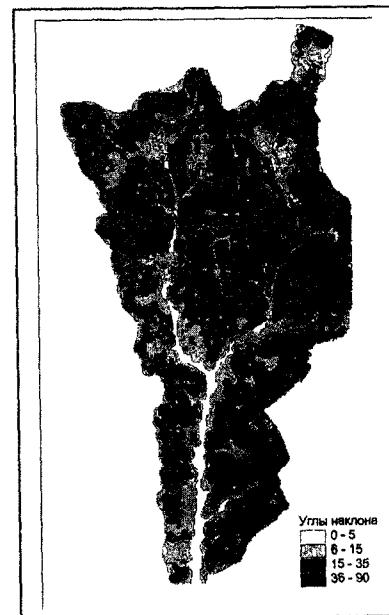


Рис. 2. Карта уклонов поверхности

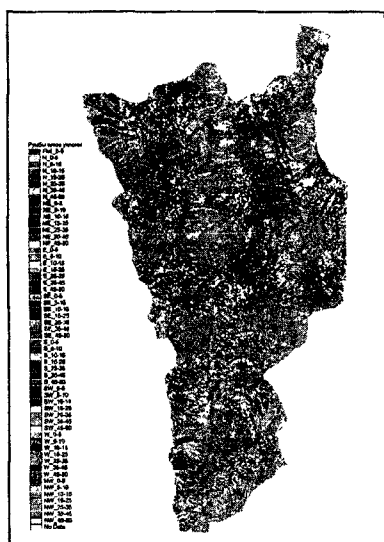


Рис. 3. Карта элементарных операционных единиц



Рис. 4. Экотопы подверженные метелевому переносу снега во время северо-восточных ветров

Опираясь на теоретико-методологический аппарат современной геоэкологии и используя современные геоинформационные технологии, можно эффективно моделировать самые различные ситуации и процессы, экономя значительное количество средств и времени. Пришло время более смело внедрять новые технологии в практику геоэкологических исследований, обогащая при этом саму теорию геоинформатики методологическими принципами современной географии.

Литература

1. Симонов Ю.Г. Пространственно-временной анализ в физической географии // Вестник Московского ун-та. Сер. 5. География, 1977. № 4. С. 22-29.
2. Боков В.А., Карпенко С.А., Лычак А.И. Программа построения модели пространственно-временной организации геосистем Крыма на базе ГИС-технологий // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Том 15 (54). География, 2002. №1. С. 118-123.
3. Боков В.А. Пространственно-временные отношения как факторы формирования свойств геосистем // Вестник Московского ун-та. Сер.5. География, 1991. № 2.
4. Ретеюм А.Ю. Земные миры. М.: Мысль, 1988.
5. Беручашвили Н. Л. Пространственно-временной анализ и синтез природно-территориальных комплексов (на примере Кавказа): Автореф. дис.... д-ра географ, наук. М. 1980.
6. Крауклис А.А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979. Ласточкин А.Н. Ландшафтно-геоэкологические исследования на геотопологической основе // Вестник Санкт-Петербургского университета. 1992, Сер.7, Вып. 2 (№14).

Статья поступила в редакцию 14 мая 2003 г.