

## Комплексный подход к оценке состояния окружающей среды

Т.О. Перемитина\*

*Институт химии нефти СО РАН  
634021, г. Томск, пр. Академический, 3*

Поступила в редакцию 16.01.2011 г.

Разработан подход к комплексному анализу многомерных данных о пространственно распределенных объектах, представленных многомерными массивами данных. Подход основан на сочетании метода главных компонент и метода пространственного анализа с применением геоинформационных технологий. Метод главных компонент применяется для статистической обработки и анализа данных. Метод пространственного анализа используется для учета пространственных свойств исследуемых объектов. Подход применен для анализа состояния окружающей среды территорий Сибири и Дальнего Востока.

*Ключевые слова:* состояние окружающей среды, статистические методы, метод главных компонент, геоинформационные технологии, программный комплекс; environment state, statistical methods, principal component analysis, geoinformation technology, program complex.

### Введение

В рамках «Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» создана система индикаторов устойчивого развития РФ, которая включает 42 индикатора, большинство которых рассчитывается в целом по стране на основе официальных статистических данных, ведомственной информации и разовых обследований. Из вышесказанного следует, что одной из особенностей задач мониторинга состояния окружающей среды различных территорий является многомерность данных. Как правило, экологическая информация представлена в виде многомерных массивов, для анализа которых применяются различные статистические методы. В настоящей статье предложен комплексный подход к анализу широкого класса пространственных объектов, описываемых большим числом параметров и представленных многомерными массивами. Подход основан на сочетании метода главных компонент (МГК) и метода пространственного анализа с применением геоинформационных систем (ГИС). МГК-анализ применяется для статистической обработки различных характеристик объектов исследования, методом ГИС-анализа исследуются пространственные свойства объектов.

### Методические вопросы реализации подхода

Одним из перспективных подходов к статистическому анализу данных можно считать МГК. Известно [1], что МГК-анализ позволяет существенно сокращать размерность массива данных и описывать

объекты меньшим числом обобщенных показателей, называемых главными компонентами (ГК). Последние являются удобными интегральными показателями, так как они отражают внутренние закономерности, которые не поддаются непосредственному наблюдению. Рассмотрим основную идею МГК.

При измерении нормально распределенных параметров, которые определенным образом коррелированы, количество наблюдений разместится в пространстве в виде «облака» точек вокруг общего центра тяжести. «Облако» в общем случае имеет форму эллипсоида с главными осями, пересекающимися в центре тяжести. Самый большой диаметр овального тела является первой главной осью ( $GK_1$ ), а второй ( $GK_2$ ) – самый большой диаметр в плоскости, ортогональной к первой оси и проходящей через центр тяжести. Каждая ГК имеет определенный вес – процентный вклад в распределение, который зависит от величины оси эллипсоида. Основная идея МГК состоит в переходе к новой системе координат, совпадающей с главными осями эллипсоида, причем ГК с малыми вкладами не используются в дальнейшем анализе.

Однако для анализа объектов исследования, имеющих выраженные пространственные свойства, применение МГК оказывается недостаточным, так как он не позволяет учитывать их пространственные характеристики. В связи с этим цель нашего исследования заключается в разработке комплексного подхода к оценке состояния окружающей среды с применением современных средств ГИС, которые позволяют манипулировать и управлять пространственными данными, хранящимися в виде тематических слоев, географически определенных относительно цифровой карты-основы.

В работах [2, 3] рассмотрены методические вопросы подхода к комплексному анализу многомерных

\* Татьяна Олеговна Перемитина (peremitinat@mail.ru).

данных о природных объектах на основе применения МГК-анализа в сочетании с методом пространственного анализа средствами ГИС.

На основе предложенного комплексного подхода разработаны алгоритм и программный комплекс [4] анализа многомерных пространственно-распределенных данных, включающие возможность пространственного анализа объектов исследования средствами ГИС.

## Объекты исследования

В настоящей статье представлен комплексный анализ состояния окружающей среды территорий Сибири и Дальнего Востока. Для анализа были использованы три удельных показателя загрязнения окружающей среды: выброшено загрязняющих веществ в атмосферу ( $t/km^2$ ); сброшено загрязняющих сточных вод в поверхностные водные объекты ( $m^3/km^2$ ); образовалось токсичных отходов ( $t/km^2$ ) [5]. Дополнительно к удельным показателям была включена ранжированная характеристика состояния здоровья населения – интегральная оценка состояния здоровья по семи показателям:

1. Общее число случаев заболеваний в расчете на 1000 человек.

2. Заболеваемость злокачественными новообразованиями на 100 000 человек.

3. Заболеваемость детей злокачественными новообразованиями на 100 000 человек.

4. Общее число впервые установленных заболеваний детей в расчете на 100 000 детей.

5. Общая смертность населения на 1000 человек.

6. Младенческая смертность.

7. Число родившихся на 1000 человек.

ГИС-анализ проводился наложением границ территорий административных образований на границы территорий районов Западной, Восточной Сибири и Дальнего Востока. В таблице приведен перечень субъектов Российской Федерации, включенных в анализ.

## Результаты и обсуждения

На рис. 1 приведены результаты МГК-анализа данных об экологическом состоянии территории Западной Сибири по 10 показателям, перечисленным выше.

Анализ показал, что максимальное значение первой главной компоненты ( $ГК_1$ ) принадлежит Кемеровской области. Для территории Дальнего Востока наибольшее значение  $ГК_1$  имеют Сахалинская область и Приморский край, для Восточной Сибири – Красноярский край.

Анализ нагрузок (проекций из исходного многомерного пространства в пространство главных компонент) показал, что наиболее значимым параметром является показатель образования токсичных отходов. По этому параметру был проведен пространственный анализ средствами ГИС для всех исследуемых территорий.

## Объекты исследования

Район	Субъект РФ
Западная Сибирь	Республика Алтай
	Алтайский край
	Кемеровская область
	Новосибирская область
	Омская область
	Томская область
	Тюменская область
	Ханты-Мансийский АО Ямало-Ненецкий АО
Восточная Сибирь	Республика Бурятия
	Республика Тыва
	Республика Хакасия
	Красноярский край
	Таймырский АО
	Эвенкийский АО
	Иркутская область
	Усть-Ордынский Бурятский АО Читинская область Агинский Бурятский АО
Дальний Восток	Республика Саха (Якутия)
	Еврейская автономная область
	Чукотский АО
	Приморский край
	Хабаровский край
	Амурская область
	Камчатская область
	Корякский АО
	Магаданская область
	Сахалинская область

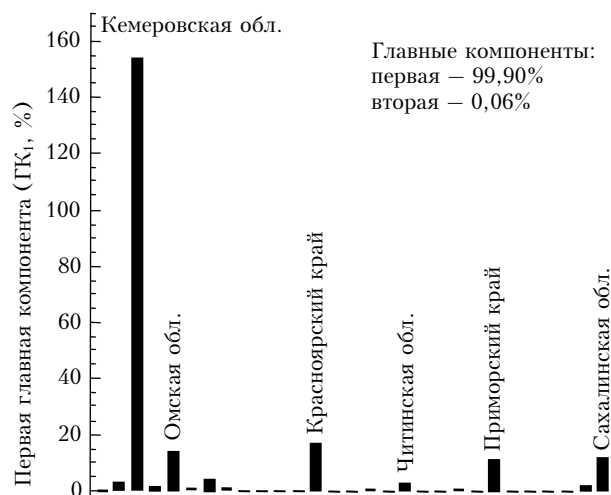


Рис. 1. Результаты МГК-анализа областей территории Западной Сибири

На территории Западной Сибири максимальными значениями показателя «образовалось токсичных отходов» обладает Кемеровская область, меньшими значениями – Тюменская и Омская области, Республика Алтай имеет нулевое значение данного показателя (рис. 2).

Пространственный анализ территории Восточной Сибири по показателю «образовалось токсичных отходов» показал, что максимальные значения



Рис. 2. Пространственный анализ территории Западной Сибири по показателю образования токсичных отходов

параметра получены в Красноярском крае, средние значения в Иркутской и Читинской областях, наименьшие – в Таймырском АО, Республике Тыва, Усть-Ордынском Бурятском АО, Агинском Бурятском АО.

Анализ территории Дальнего Востока по показателю «образовалось токсичных отходов» показал

(рис. 3), что максимальными значениями параметра обладает Приморский край.

Средние значения показателя зарегистрированы в Магаданской и Сахалинской областях, наименьшие значения показателя «образовалось токсичных отходов» имеют Чукотский автономный округ, Республика Саха (Якутия), Амурская область, Корякский АО.



Рис. 3. Пространственный анализ территории Дальнего Востока по показателю образования токсичных отходов

## Заключение

Таким образом, разработанный комплексный подход к обработке многомерных данных позволяет исследовать пространственные и экологические особенности различных территорий. Применение метода главных компонент позволило выявить наиболее значимые характеристики для территорий, а пространственный анализ дал возможность выявить экологически благополучные и неблагополучные регионы. Пространственный анализ показал, что на каждой из трех исследуемых территорий имеется область, отличающаяся максимальными значениями параметра образования токсичных отходов. По данному параметру наиболее загрязненной является территория Западной Сибири, наименее — территория Дальнего Востока.

### *T.O. Peremitina. Complex approach to the environment state estimation.*

The approach to the complex analysis of a wide class spatially distributed objects properties, which are submitted in a multivariate data file is developed. The base of method is a combination of both principal component analysis and spatial analysis with GIS technology. The principal component analysis is applied to statistical processing of the multivariate data. The method of the spatial analysis is used for the account of spatial properties of researched objects. The approach is applied to the analysis of a state of environment of territories of Siberia and the Far East.

1. Андрукович П.Ф. Применение метода главных компонент в практических исследованиях. М.: Изд-во МГУ, 1973. 124 с.
2. Перемитина Т.О., Полищук Ю.М. Геоинформационный комплекс анализа состояния окружающей среды на основе метода главных компонент // Вычисл. технол. 2004. Т. 9, ч. 2. С. 14–25.
3. Перемитина Т.О., Полищук Ю.М. Геоинформационный подход к анализу многомерных данных о пространственно-распределенных объектах // Геоинформатика. 2003. № 1. С. 18–21.
4. Перемитина Т.О., Полищук Ю.М. Программа «Комплексный анализ многомерных данных на основе метода главных компонент». Зарегистрирована в Роспатенте. Свид. № 2002610655 от 30.04.2002.
5. Казначеев В.П., Поляков Я.В., Акулов А.И., Мингазов И.Ф. Проблемы «Сфинкса XXI века». Выживание населения России. Новосибирск: Наука, 2000. 232 с.