

УДК 550.4.02

И.Б. Мовчан, А.А. Яковлева, В.С. Кузнецов

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ МЕГАПОЛИСА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ И ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

Реализована методика площадной геохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния в пределах изолированного водотоками участка мегаполиса. В полевых условиях реализована экспресс-классификация геохимических карт методом факторного анализа с первичной интерпретацией факторных карт.

Ключевые слова: спонтанное структурирование, стационарность, опробование, спектрометр, корреляция, факторный анализ.

1. Постановка задачи

Экологическая оценка загрязненности почв выполняется в пределах участка мегаполиса, изолированного крупными водотоками, – Васильевского острова С.-Петербурга. В предыдущих работах эта обособленность определялась нами как замкнутость неравновесной экосистемы, испытывающей спонтанное структурирование в силу некоторых эндо- и экзогенных факторов. Эффект спонтанного структурирования проявляется в закономерном (пространственно регулярном) распределении особенностей (аномалий, градиентных зон) измеренного скалярного поля значений некоторого характеристического параметра данной экосистемы. В частности, нами был продемонстрировано проявление ячеистых полигональных форм в картах интенсивности радиоактивной компоненты пылевой взвеси в приземном слое атмосферы в пределах указанного участка с апелляцией к модели стоячей волны [1]. Последняя выведена нами ранее из специфики спонтанного структурирования гидродинамических сред в опыте Бенара и его модификаций.

Корректность применения модели стоячей волны к миграции загрязнений в воздухе определяется той же нестационарностью атмосферы, что и несжимаемой жидкости в опыте Бенара [2].

В случае исследования состояния почв постановка задачи несколько изменяется, в силу относительной временной стационарности верхней части разреза. Наличие потенциальных барьеров, обособляющих исследуемый полигон, теоретически допускает анализ лишь тех эндогенных (геологических) и экзогенных (антропогенных) факторов, что получили развитие непосредственно внутри полигона, а также возможность разделения откликов от этих факторов. Последнее апеллирует к факторному анализу, допускающему группирование измеренных скалярных полей и первичную интерпретацию этих групп. Методика геохимического опробования должна быть модифицирована к форме, допускающей возможность первичного экспертного заключения с минимальным временным интервалом между собственно замером и выдачей конечной (расчетной и картографической) продукции.

2. Выполнение измерений

В связи с наличием на 60% территории полигона асфальтового покрытия и развитием на остальной ее части наносных грунтов пробоотбор почвы выполнялся по косоугольной пространственной сетке, близкой к регулярной, с глубины 25-40 см. Мощности антропогенных отложений в черте С.-Петербурга составляет более 1 м и подвергается вертикальным просадкам, малоамплитудным латеральным смещениям. В этих условиях на результаты замеров исключено сиюминутное воздействие транспорта и эффектов кратковременных перемещений грунта при облагораживании газонов. Проявляющийся в структуре геохимических полей эндогенный фактор нами связывался с разнотектонической разрывной тектоникой, контролирующей как области повышенной проницаемости геологической среды, так и пути миграции грунтовых вод.

Собственно измерения выполнялись портативным рентгенофлуоресцентным спектрометром Niton XLt 500, численные данные которого после привязки по GPS заносились в общую базу данных с последующим построением карт концентрации геохимических элементов в ГИС-оболочке (лицензионные версии Surfer и ER-Mapper). Всего таких карт насчитывалось 11: по ореолам рассеяния Sr, Zr, Rb, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Ti, Ca, K. Несмотря на относительно разреженную сеть измерительных пикетов, структура этих карт получилась достаточно дифференцированной, что привело к замене визуальных сопоставлений разнородных карт на алгоритм факторного анализа. В его задачу входила сортировка измеренных геохимических полей по группам (факторам) с последующим пересчетом указанных полей отдельной группы в интенсив-

ность проявления в пространстве полигона соответствующего фактора (гипотетического эндо- или экзогенного процесса или объекта).

3. Особенности факторного анализа как классификационного метода

Метод имеет в своей основе алгоритм пересчета матрицы коэффициентов парной корреляции в ее собственные числа (матрицы собственных значений и собственных векторов) [3]. Исходная матрица отражает степень линейной зависимости между набором стандартизированных геохимических полей. Стандартизация преследует две цели: исключение различий между классифицируемыми в факторном анализе гетерогенными полями по абсолютной погрешности измерений и, как результат, гомогенизация выборки для её последующего пересчета в факторы. Геометрически вычисление собственных значений корреляционной матрицы эквивалентно повороту исходных осей многомерного признакового пространства в положение, при котором новые оси проходят в окрестности или непосредственно через облака сгущения экспериментальных точек геохимических полей – области повышенной линейной корреляции исходных признаков. Если этих признаков (геохимических полей) n , то с учетом возникновения области повышенной корреляции, как минимум, между парой данных признаков, число таких областей m будет меньше n : в общем случае на один фактор приходится три-четыре признака. Факторный анализ, группируя поля концентраций, сокращает размерность n признакового пространства путем дополнительного вращения факторов (собственных векторов). Матрица собственных векторов в качестве своих

Матрица факторных нагрузок в задаче группирования скалярных полей концентраций геохимических элементов по Васильевскому острову (С.-Петербург)

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Zr	-0,850840	-0,143490	-0,299086	0,107026
Sr	-0,177469	0,726358	-0,040372	-0,073873
Rb	-0,899020	-0,084256	0,145824	0,215169
Pb	0,058155	0,927903	0,259665	0,154435
Zn	0,061947	0,266815	0,932117	-0,027293
Cu	0,017085	0,188110	0,904717	-0,010014
Fe	-0,411188	0,183210	-0,099061	0,848363
Mn	0,000325	0,029965	0,091188	0,841952
Ti	-0,558173	0,206382	-0,571325	0,147396
Ca	0,074448	0,442101	-0,393962	0,569443
K	-0,944839	0,064580	-0,031790	-0,000883

элементов содержит значения направляющих косинусов новых (испытанных поворот) координатных осей (факторов) (таблица).

Модуль коэффициента парной корреляции пропорционален косинусу угла между двумя линейными трендами, ограничивающими облако рассеяния экспериментальных точек в двумерном признаковом пространстве. Следовательно, направляющие косинусы в матрице собственных векторов рассматриваются как коэффициенты корреляции между отдельными признаками и конкретным фактором. Диагональная матрица собственных значений, составлена ненулевыми диагональными элементами, интерпретируемыми как длины новых координатных осей (факторов), определяющих степень значимости факторов в наблюдаемом разбросе значений исходных признаков. Оптимальным факторным решением считается сокращенную путем дополнительных вращений матрицу собственных векторов, определяемую как матрица факторных нагрузок (коэффициентов парной корреляции фактор-признак), которая, во-первых, при группирова-

нии захватывает все (в идеале) исходные признаки, во-вторых, разбивает эти признаки на неперекрывающиеся группы, в-третьих, обеспечивает наличие в каждой отдельной группе не менее двух признаков. Принадлежность признака к отдельно взятой группе (фактору) определяет величина факторной нагрузки: если для избранного фактора её значение по модулю больше либо равно 0.5 по данному признаку, то этот признак «принадлежит» указанному фактору или группе (см. таблицу).

4. Итоговые карты

Приведенные в таблице факторные нагрузки рассматриваются нами как коэффициенты в уравнении линейной регрессии, допускающей пересчет геохимических полей в поля факторные, например:

$$\begin{aligned} \text{Factor1} = & -0.851 \cdot C_{Zr} - 0.177 \cdot C_{Sr} - \\ & -0.899 \cdot C_{Rb} + 0.058 \cdot C_{Pb} + 0.062 \cdot C_{Zn} + \\ & + 0.017 \cdot C_{Cu} - 0.411 \cdot C_{Fe} - 0.558 \cdot C_{Ti} + \\ & + 0.074 \cdot C_{Ca} - 0.945 \cdot C_K \end{aligned}$$

где C_x - стандартизированная величина концентрации X -го элемента, факторные нагрузки даны с округлением до третьего знака после запятой, в силу чего уравнение не содержит слагаемого с концентрацией по Mn . Результаты пересчетов по всем четырем факторам отражены на рис. 1.

Карта по первому фактору (рис. 1, а) подчинена системе дорожного движения: минимальные значения интенсивности этого фактора свойственны улицам с напряженным транспортным потоком, тогда как область вдоль р.Смоленка с узкими улицами отмечена максимумом фактора №1.

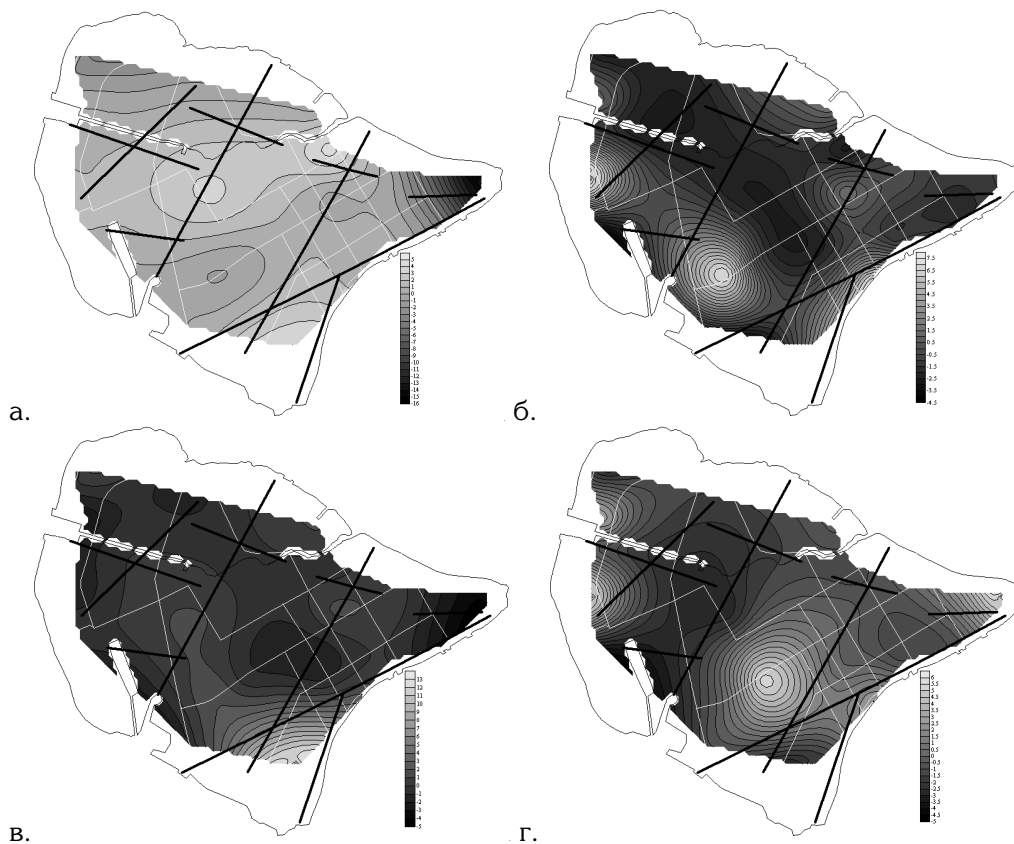


Рис. 1. Факторные карты по Васильевскому острову, С.-Петербург: а. ассоциативная группа (Zr, Rb, Ti, K); б. группа (Sr, Pb); в. группа (Zn, Cu, Ti); г. группа (Fe, Mn, Ca). Нелинейный контур – береговая линия Васильевского острова; жирные черные линии – глубинные дизъюнктивы; белые тонкие линии – улицы

Карта по второму фактору (рис. 1, б) отражает значимые миграции геохимических элементов, обусловленные вибрациями грунта и малыми смещениями по плоскостям дизъюнктивов в силу влияния метро: Г-образная область минимума фактора №2 вытянута строго вдоль одной из веток С.-Петербургского метрополитена. Распределение интенсивности третьего фактора (рис. 1, в) отражает факт латеральных подвижек (латеральных смещений по плоскостям дизъюнктив-

вов) в окрестности наиболее интенсивной уплотнительной застройки. Эффекты таких подвижек описаны нами как растрескивания фасадов зданий, а также просадки их фундамента, проезжей и пешеходной трасс. Карта по четвертому фактору отражает эффект дорожно-ремонтных работ: минимум интенсивности фактора попадает на наиболее ремонтируемые дороги, тогда как максимум – на наиболее озелененные зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров О.В., Мовчан И.Б., Яковлева А.А. Проявление ячеистого структурирования неравновесной экосистемы в распределении загрязнений на примере Васильевского острова. Журн.«Региональная геология и металлогения», №28, 2006. с. 51-66.
2. Benard H. Les Tourbillons Cellulaires dans une Nappe Liquide Transportant de la Chaleur par Convection en Regime Permanent. Ann.Chem.Phys. 1901. Vol.23, P.62-144.
3. Дэвис Дж. Статистика и анализ геологических данных. – М.: Мир, 1977. – 571 С. **ПЛАЭ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мовчан Игорь Борисович – доцент каф. Геоэкологии, imovch@mail.ru
Яковлева Александра Анатольевна – доцент каф. высшей математики, resolvent@mail.ru
Кузнецов Владимир Сергеевич – доцент каф. Геоэкологии. vvink2005@mail.ru



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

ЭМУЛЬСИОННЫЕ ВВ И ГРАНЭМИТЫ, СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫЕ ПЛАСТИКОВЫМИ ПОЛИМИКРОСФЕРАМИ

Горинов С.А., к.т.н., ЗАО «Спецхимпром», e-mail: Akaz2006@yandex.ru
Маслов И.Ю., генеральный директор ЗАО «Спецхимпром», e-mail: ilmaslov@mail.ru
Собина Е.П., к.х.н., доцент, Институт естественных наук Центра классического образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, sobina_egor@rambler.ru, тел.

Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2011. — № 9. — 43 с.— М.: Издательство «Горная книга»/

Приведена методика расчета детонационных параметров гранэммитов, сенсibilизированных пластиковыми полимикросферами. Представлены результаты численных экспериментов по изучению влияния размеров частиц эмульсии ЭВВ гранэммита, размеров и пористости гранул аммиачной селитры, размеров гранул пластиковых полимикросфер на взрывчатые характеристики гранэммитов. Приведены результаты экспериментального исследования компонентов эмульпоров.

Ключевые слова: эмульпор, окислительная фаза эмульсии ВВ, частица эмульсии, пенополистирол, реологические свойства, эмульсионное ВВ, пластиковые полимикросферы, гранэммиты, детонационные параметры, гранулы пенопласта, скорость детонации, коэффициент политропы, детонационное давление.

Gorinov A.S., Maslov I.Y., Sobina E.P. **EMULSION EXPLOSIVES AND GRANEMITES, SENSITIZED WITH PLASTIC POLYMICRO-SPHERES**

The procedure of calculation detonation parameters granemites sensibilized by plastic polymicrospheres are described. The results of model experiments for investigation of influence size of particle emulsion granemites, size and porosity ammonium nitrate, particles size of plastic polymicrospheres on explosive parameters are described. The results of experimental of investigation of component emulpor.

Key words: emulpor, oxidative phase of emulsion explosives, emulsion particle, styrofoam, rheological properties, emulsion explosives, plastic polymicro-spheres, granemites, detonation parameters, polyfoam granules, detonation speed, polytrope factor, detonation pressure, the sizes and porosity.