

Воронежского водохранилища микроэлементов и более детально оценить биотические факторы, влияющие на качество воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курдов А.Г. Проблемы Воронежского водохранилища. – Воронеж, 1998. -168с.
2. Курдов А.Г., Дмитриева В.А. Воронежское водохранилище: 30 лет спустя // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия география и геоэкол. –2002. -№1. – С.124-127.
3. Бочаров В.Л., Епринцев А.Т., Смирнова А.Я. и др. Экологическая геохимия и микробиология зон искусственного литогенеза. – Воронеж, 1999. -154с.
4. Шульженко В.Н. Гидравлическая связь поверхностных и подземных вод / Воронежское водохранилище. - Воронеж, 1986. – С.70-74.
5. Бочаров В.Л., Бугреева М.Н., Смирнова А.Я. Экологическая геохимия марганца. – Воронеж, 1998. -164с.
6. Строгонова Л.Н. К вопросу об экологическом состоянии поверхностных и атмосферных вод г. Воронежа // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. –2001. -№ 11. – С. 263-267.
7. Строгонова Л.Н. Геоэкологические закономерности миграции соединений азота в окружающей среде (на примере г. Воронежа): Автореф. канд. дисс. -М, 2001. - 26с.
8. Смирнова А.Я., Бугреева М.Н. К вопросу исследования экологии гидрогеосферы Воронежского водохранилища / Экология и охрана природы г. Воронежа. – Воронеж, 1990. – С.21-26.
9. Бугреева М.Н., Строгонова Л.Н. Факторы формирования природных нитрат-нитритно-аммонийных соотношений. - Геохимия биосферы: Матер. Междунар. совещ. – Ростов-на-Дону, 2001. -С.144-146.
10. Бугреева М.Н., Хлызова Н.Ю. К оценке роли высших водных растений в миграции марганца в поверхностных и подземных водах г. Воронежа // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. - 1997. - № 4. - С. 187-189.
11. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.4.559-96). – М., 1996. -111с.
12. Строгонова Л.Н., Хлызова Н.Ю., Бугреева М.Н. Гидрогеоэкологические проблемы Воронежского водохранилища: оценка роли антропогенных и биотических факторов в пространственно-временной миграции соединений азота и формировании статуса трофии водоемов // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. география и геоэкол. –2001. -№1. – С.104-114.
13. Смирнова А.Я., Строгонова Л.Н. Лабораторная гидрогеология и экологическая гидрогеология. Учебное пособие. – М., -2002. -116 с.
14. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л. Слабоминерализованные лечебно-столовые экологически чистые воды района г. Воронежа // Экологический вестник Черноземья. - Вып. 6. – Воронеж, 1998. – С. 82-91.
15. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л. Экологические проблемы водохранилищ равнинных территорий // Комплексное изучение, использование и охрана Воронежского водохранилища. – Воронеж, 1996. – С.34-38.

УДК 502.55.001.57

ИНТЕГРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ

И.И. Косинова, О.В. Базарский, Е.Б. Золототрубов

Воронежский государственный университет

В данной статье рассмотрена интегральная модель эколого-геологической оценки загрязненных урбанизированных территорий. Представленная методика апробирована на примере Михайловского промышленного района КМА. Преимуществом разработанной методики является экологическая оценка района, что позволяет объективно сравнивать различные урбанизированные территории по степени их экологической опасности. Кроме того, предложенная методика позволяет объективно отследить динамику загрязнения района за счет внешних факторов без искажающего действия внутренних природных.

Существующая методика эколого-геологической оценки загрязненных урбанизированных территорий является по своей сути дифференциальной. Вычисляется коэффициент концентрации различных загрязнителей и картируется их пространственное распределение в виде линий равных коэффициентов концентраций. Подобные карты дают наглядное представление о пятнах загрязнения, но не характеризуют эколого-геологическое состояние территории в целом. Так, в пятне загрязнения одним элементом концентрация других загрязнителей может быть достаточно малой и наоборот. Случайный характер пространственного распределения различных загрязняющих веществ не позволяет по извест-

ной методике сделать вывод о интегральном загрязнении изучаемой территории и ее экологическом состоянии.

Разработана интегральная статистическая модель эколого-геологической оценки состояния урбанизированных территорий и методика их классификации по степени экологической опасности. Она апробирована на примере Михайловского промышленного района КМА. Данный район расположен на северо-западе Курской области в пределах большей части Железногорского района и небольшой части Дмитриев-Льговского на юго-западе и Фатежского на юго-востоке (территория листов N-26-132 В; N-36-144-А; N-36-143-Б и N-36-131-Г),

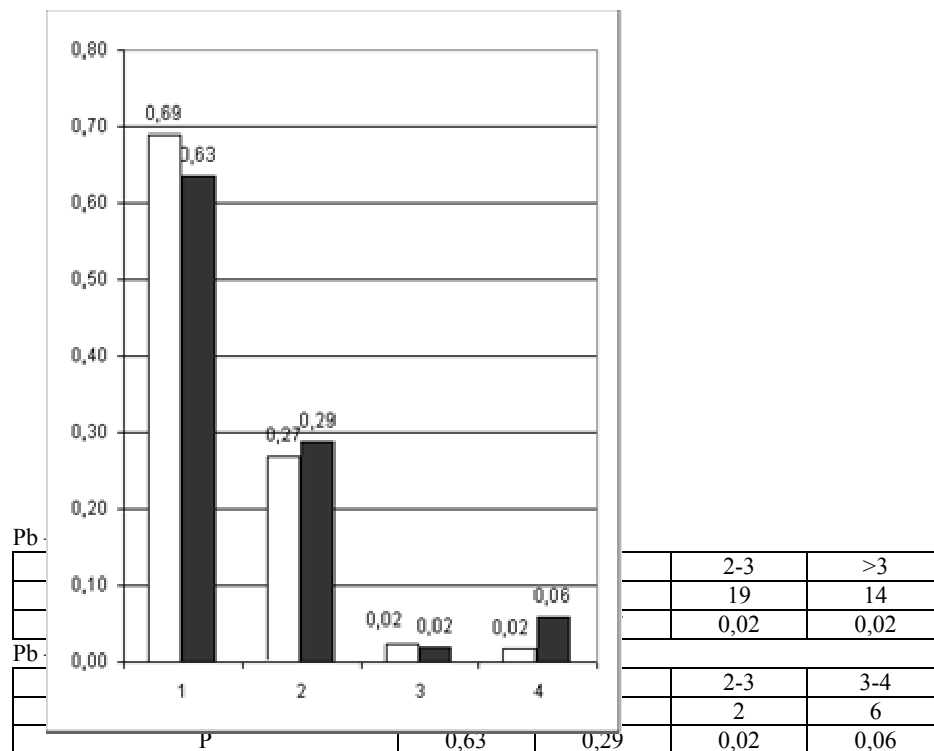


Рис. 1. Гистограммы распределений коэффициента концентрации свинца

в пределах Курской области общей площадью 810 км², а также на территории Троянского и Дмитров-Орловского районов Орловской области площадью 455 км².

В геоморфологическом отношении район расположен в западной части Среднерусской возвышенности. Территория разделена рекой Свапа на две части – северную (правобережную) и южную (левобережную), характер рельефа которых различен. Значительные площади представлены пойменными террасами р. Свапы и ее притока р. Усожа.

Северная часть представляет собой пологоувалистую равнину, сильно расчлененную овражно-балочной речной сетью, особенно сильно в западной и северо-восточной частях, где плотность оврагов составляет соответственно 1,1-3,0 км/км² и более 5 км/км². Овраги и балки короткие, но склоны их крутые до 10-20⁰, во многих местах затронуты смывом и размывом. Глубина местного базиса эрозии в среднем 100 м. Фоновые уклоны поверхности 3-5⁰. Горизонтальное расчленение 1,1-1,3 км/км². Абсолютные отметки поверхности колеблются от 211-228 м на западе до 254,2-255,3 м на северо-востоке. Южная часть имеет слабоволнистый рельеф. Господствующими элементами рельефа здесь являются пологие (1-3⁰) и покатые (3-5⁰) склоны водоразде-

лов, меньше распространены плакорные участки водоразделов. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 215,6 м на востоке до 180 м на западе.

Южная часть представляет собой пологую равнину, слаборасчлененную. Горизонтальное расчленение поверхности незначительное – 0,6 км/км². Фоновые уклоны 1-3⁰. Глубина местного базиса эрозии 65 м. Долины наиболее крупных рек Свапа, Усожа, Чернь имеют террасированные склоны и относительно широкие, частично заболоченные поймы, с абсолютными отметками поверхности 158-163 м. Мелкие водотоки наследуют долины древних балок, склоны которых сильно изрезаны оврагами.

Введем четыре градации коэффициента загрязняющих веществ:

1 – Кк лежит в пределах от 0 до 1, т.е. не превышает ПДК – нормальное состояние; 2 – Кк лежит в пределах от 1 до 2 – слабое загрязнение; 3 – Кк лежит в пределах от 2 до 3 – загрязнение; 4 – Кк > 3 – опасное загрязнение.

Проанализируем загрязнение почв в пределах 10-км зоны влияния Михайловского ГОКа для веществ 1 класса опасности - свинца и цинка. На (рис. 1) представлены гистограммы распределения загрязнений по свинцу для выбранных градаций, где

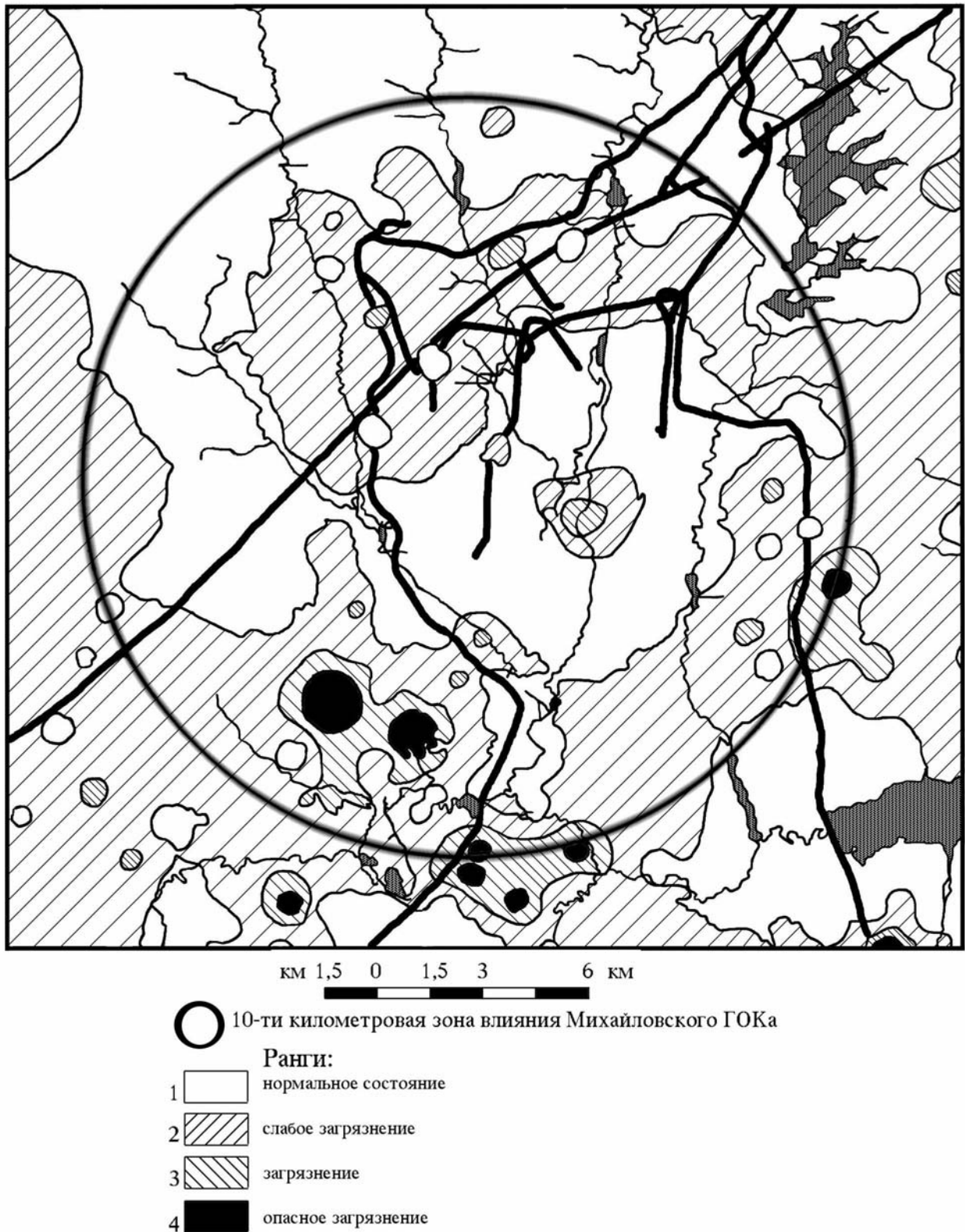


Рис. 2. Дифференциальное распределение загрязнения свинцом почв территории Михайловского ГОКа по 4 рангам

по оси ординат отложена относительная встречаемость. Светлые столбцы соответствуют всему изучаемому району, темные – пятну загрязнения свинцом, выделенному на карте (рис. 2). Анализ гистограмм дает достаточно очевидный результат суще-

ственного превышения ПДК в пятне загрязнения по четвертой опасной градации за счет уменьшения чистых проб. В пятне загрязнения выборка проведена по 104 пробам, что также обеспечивает ее статистическую достоверность.

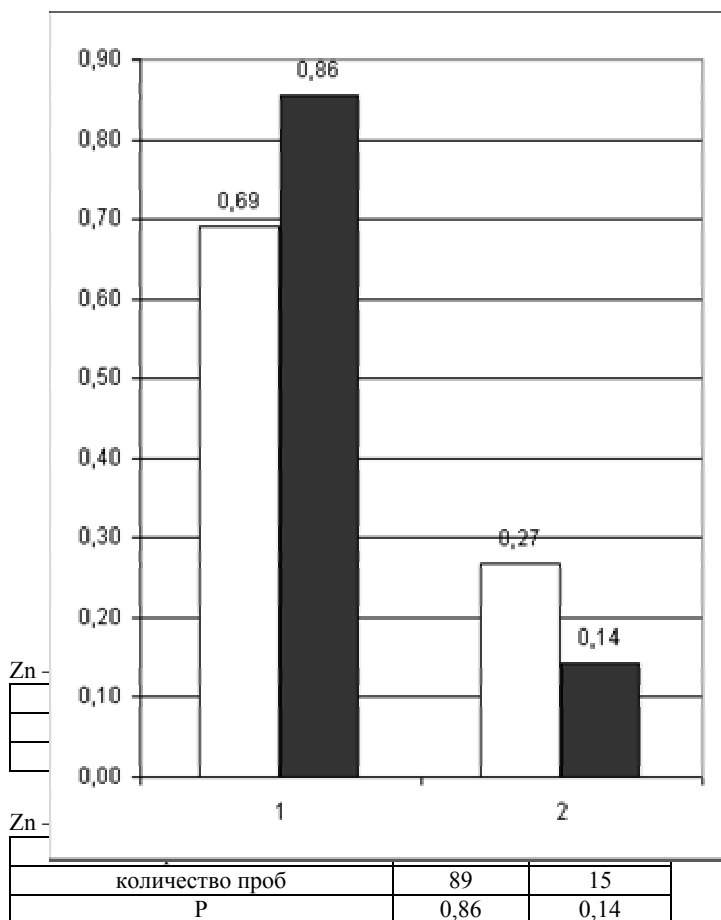


Рис. 3. Гистограммы распределений коэффициента концентрации цинка

На (рис. 3) приведены гистограммы распределения по цинку, где две высшие градации в пробах не встречаются. Видно, что загрязнение цинком по обоим районам практически одинаково.

Рассчитаем статистические характеристики этих районов по свинцу и цинку:

- Математическое ожидание

$$M = \sum_{i=1}^4 n_i P_i ;$$

где n_i - номер градации P_i - ее повторяемость;

- Дисперсию

$$D = \sum_{i=1}^4 (n_i - M)^2 P_i ;$$

- Стандартное отклонение

$$\delta = \sqrt{D} .$$

1. МГОК: $M=1,37$; $D=0,39$; $\delta =0,62$ – Pb

$M=1,13$; $D=0,12$; $\delta =0,34$ – Zn

2. Пятно загрязнения:

$M=1,51$; $D=0,65$; $\delta =0,81$ – Pb

$M=1,07$; $D=0,125$; $\delta =0,35$ – Zn

Анализ этих результатов показывает, что существует превышение ПДК по свинцу, а по цинку загрязнение на пределе нормы. Однако наблюдается и значительная стандартная ошибка, что связано с чрезвычайно сложным пространственным распределением загрязняющих веществ и малым числом проб для такой значительной площади. Отсюда и относительно малая достоверная вероятность измерений, не превышающая 0,7.

При синтезе интегральной статистической модели загрязнения ГОКа необходимо учесть что:

1) загрязнения различными веществами происходит независимо, т.е. не существует их пространственной корреляции;

2) поскольку в каждой пробе анализируется N независимых веществ, концентрация которых слу-

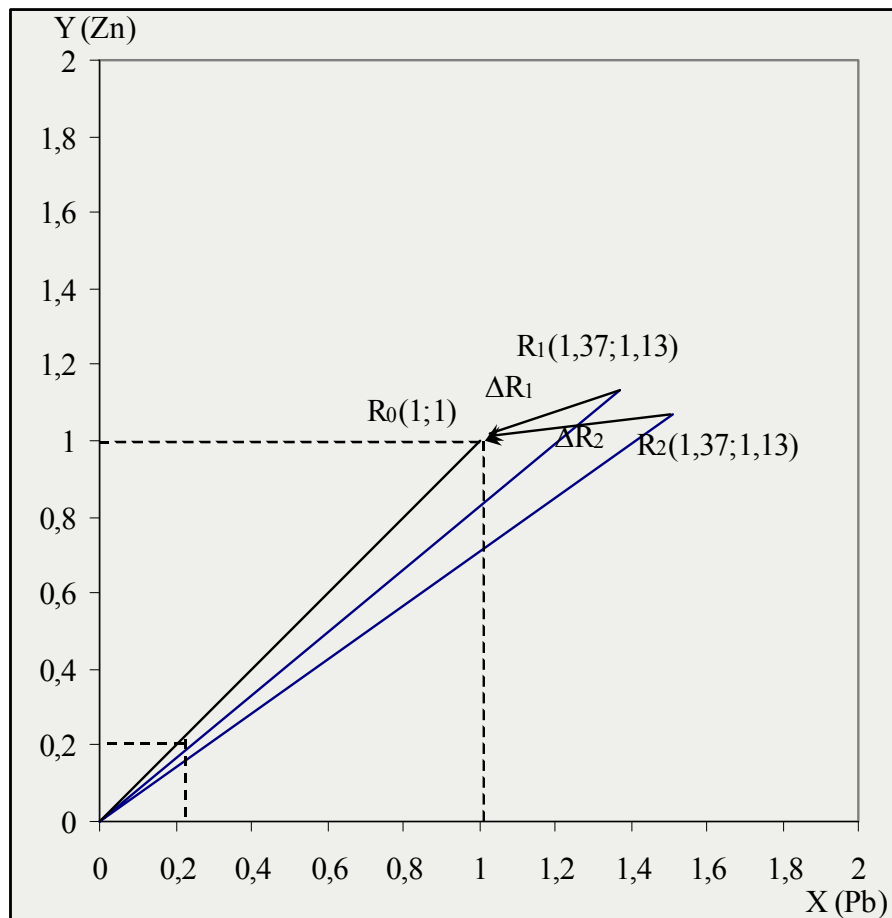


Рис. 4. Пространство интегральных индексов загрязнения R_0 – интегральный индекс ПДК; R_1 – интегральный индекс загрязнения территории ГОК в целом; R_2 – интегральный индекс пятна загрязнения свинцом

чаяна, то их интегральное распределение должно быть близким к нормальному закону, хотя распределение отдельных компонент не является нормальным.

Синтез модели реализуется в N-мерном пространстве измеряемых загрязняющих веществ.

Алгоритм реализации методики:

1. Строится нормированный на ПДК по каждой загрязняющей компоненте эталонный вектор R_0 , модуль которого $|R_0| = \sqrt{N}$. Это интегральный индекс ПДК по всем загрязняющим компонентам. Он определяет гиперпространство допустимых загрязнений. Для рассматриваемых веществ 1-го класса опасности имеем двумерное пространство (рис. 4), где координата X соответствует свинцу, а Y – цинку, причем $R_0 = \sqrt{2}$.

2. Все пространство загрязняющих веществ, в общем случае N-мерное, разбиваем на четыре области: 1- чистая область, соответствующая фоновым значениям загрязняющих компонент; 2 – область допустимых загрязнений, где дифференциальное загрязнение по каждой компоненте не превышает ПДК, а интегральное значение индекса загрязнения

$0,2 \leq R \leq \sqrt{2}$; 3 – область загрязнений, где индексы загрязнения по каждой компоненте не превосходят двух ПДК, а $\sqrt{2} < R \leq 2\sqrt{2}$; 4 – экологически опасная область, где $R > 2\sqrt{2}$ /

3. По результатам измерений и вышеперечисленным матожиданиям компонент строится интегральный индекс загрязнения исследуемого района

$$R_I = \sqrt{x_I^2 + y_I^2} = \sqrt{M_{Pb}^2 + M_{Zn}^2}$$

В общем случае это вектор в N-мерном пространстве. Классификация района производится по области попадания измерительного интегрального вектора загрязнения R_I (рис. 4). Для всего ГОКа этот вектор попадает в область 3, т.к. $R_I=1,78 > R_0=1,41$, т.е. можно сделать вывод о сильном загрязнении территории МГОКа металлами 1 класса опасности.

4. Для пятна загрязнения свинцом $R_2=1,87$, т.е. уровень загрязнения выше чем по ГОКу, но не существенно превышает допустимый уровень. Вышеперечисленная дивергенция индекса загрязнения района представлено уравнением:

$$|lR_I| = |R_I - R_0| = \sqrt{(x_I - x_0)^2 + (y_I - y_0)^2}$$

В общем случае эта операция производится для N-мерного пространства. Эта величина характеризует отклонение интегрального индекса загрязнения от эталонного интегрального индекса ПДК, т.е. превышения допустимого интегрального порога загрязнения. На (рис. 4) $\Delta R_1=0,39$ – для всего изучаемого района, $\Delta R_2=0,51$ – дивергенция индекса загрязнения для пятна загрязнения свинцом.

5. На базе статистической теории принятия решений вычисляется вероятность правильной классификации района

$$P = F\left(\frac{|\Delta R|}{\delta}\right)$$

где F – интегральная вероятность, ΔR – дивергенция индекса загрязнения, $\delta = \sqrt{\delta_{Pb}^2 - \delta_{Zn}^2}$ – стандартная ошибка измерений. Если $\Delta R > 0$, то вычисляется вероятность превышения интегрального индекса ПДК, если $\Delta R < 0$ – вероятность принадлежности к областям 1 и 2 на (рис. 4).

Для всего района МГОКа

$$P_1 = F\left(\frac{0,39}{0,71}\right) = 0,57,$$

а для пятна загрязнения свинцом

$$P_2 = F\left(\frac{0,51}{0,88}\right) = 0,58.$$

Решение о правильной классификации района принимается при условии

$$P > P_0 = 0,5$$

т.к. возможны только две альтернативы – правильная и неправильная классификация района.

Выводы

Разработана модель и методика оценки уровня загрязнения района в целом. Отметим, что предложенная интегральная модель развивает существующую дифференциальную методику. Преимуществом разработанной методики является экологическая оценка района в целом, что позволяет объективно сравнивать различные урбанизированные территории по степени их экологической опасности. Кроме того, если нет дополнительных внешних загрязнений, то предложенный индекс загрязнения и его дивергенция являются неизменяемыми во времени величинами, в то время как дифференциальные характеристики изменяются за счет естественных природных процессов. Поэтому предложенная методика позволяет объективно отследить динамику загрязнения района за счет внешних факторов без искажающего действия внутренних природных.

По экологическому состоянию района Михайловского ГОКа в отношении загрязнения свинцом и цинком можно сделать следующие выводы.

По дифференциальной методике можно склониться к заключению, что район относительно чистый, т.к. большинство проб дают результат ниже ПДК, но существуют отдельные пятна загрязнения, в которых наблюдается существенное превышение ПДК.

Интегральная методика свидетельствует, что тестируемый район в целом загрязнен веществами I класса опасности – свинцом и цинком, т.к. его индекс загрязнения хотя и незначителен, но превышает допустимый интегральный индекс ПДК.

Этот результат является объективной характеристикой района, т.к. жизнедеятельность населения связана не только с отдельными локальными областями а всем районом в целом. Кроме того за счет естественных природных процессов со временем будет происходить диффузия тяжелых металлов и выравнивание их концентраций по территории района, что ухудшит экологическую ситуацию.

Дивергенция индекса загрязнения в целом по району и пятну загрязнения свинцом разнятся незначительно, что свидетельствует о неравномерности загрязнения территории различными металлами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилова И.П. / *Ландшафтно-геохимическое картографирование.* – М., 1985. – 149 с.
2. Ильин В.Б. / *Тяжелые металлы в системе почва-растения.* – Новосибирск, 1991. – 151 с.
3. Косинова И.И. *Геоэкологические последствия открытой разработки месторождений КМА // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология.* – 1996. – №1. – С. 176-179.
4. Косинова И.И. *Влияние процессов влаго-солепереноса на степень деградации почв // Экология Центрального Черноземья Российской Федерации.* – Липецк, 1998. – С. 180-184.
5. Косинова И.И. *Методические особенности изучения экогеологических систем горнодобывающего класса // Материалы заседания секции научного совета РАН по проблемам комплексного освоения КМА –Губкин,* 1998. – С. 24-31.
6. *Основы рационального освоения недр КМА / И.Н. Щеголев, В.Н. Селезнев, В.Е. Кирьянчук и др.* – Воронеж, 1991. – 97 с.
7. *Свинец в окружающей среде / Под ред. В.В. Добровольского.* – М., 1987. – 181 с.
8. *Техногенез и трансформация ландшафтов / В.Г. Волкова, Н.Д. Давыдова.* – Новосибирск, 1987. – 190 с.
9. Янин Е. П. *Экологическая геохимия горнопромышленных территорий.* – М., 1993. – 50 с.