

М.В. Герасимова¹, К.П. Куценогий², Л.К. Трубина¹

Использование геоинформационных технологий для оценки экологического состояния промышленных территорий левобережья г. Новосибирска

¹ Сибирская государственная геодезическая академия

² Институт химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск

Поступила в редакцию 16.07.2001 г.

Для оценки комплексного влияния техногенной нагрузки предлагается использовать современные компьютерные технологии, которые позволяют выполнять наиболее полный и разноплановый анализ выбросов вредных веществ в атмосферу города, оценивать влияние загрязнения атмосферы на здоровье населения и визуализировать полученные результаты. Один из возможных подходов, основанный на использовании геоинформационной системы MapInfo, представлен в данной статье.

Введение

Для г. Новосибирска характерным является высокое загрязнение атмосферы. Это в основном выбросы теплоэнергетических предприятий, отопительных котельных и автотранспорта, на долю которых приходится более 3/4 выбросов от всех источников города [4]. Уровень загрязнения атмосферы г. Новосибирска характеризуется как очень высокий, и город относится к числу наиболее загрязненных в России, хотя и не входит в первую десятку. В атмосферу города выбрасывается более 150 наименований загрязняющих веществ, при этом более чем по 30 веществам превышены санитарные нормы.

В крупных промышленных центрах загрязнение окружающей среды имеет сложный, а порой и мозаичный характер, даже для одного индивидуального поллютанта. Это объясняется, во-первых, многообразием различных видов источников по мощности выброса, во-вторых, сложной картиной распространения эмиссии поллютантов из-за различной геометрии городской застройки, неоднородной орографии и метеорологических условий в разных районах города. С учетом того, что количество только регистрируемых поллютантов исчисляется многими десятками, понятно, что оценка комплексного влияния техногенной нагрузки на здоровье населения – очень трудная задача и с научной, и с практической точек зрения. В то же время службами контроля за уровнем загрязнения окружающей среды накоплен большой объем информации, которая представлена в виде различных справочников и атласов, а санитарно-эпидемиологические службы располагают базой данных, характеризующей уровень заболеваний в различных районах города [1]. Эти данные показывают, что наиболее чувствительны к антропогенной нагрузке де-

ти. При этом в различных районах города уровень заболеваний детского населения заметно отличается, последнее связывается с неодинаковым уровнем загрязнения всей совокупностью поллютантов. Для оценки комплексного влияния техногенной нагрузки предложены некоторые эмпирические подходы [2, 3, 5], реализация которых на базе использования современных компьютерных технологий позволяет выполнять наиболее полный и разноплановый анализ с визуализацией полученных результатов. Один из возможных подходов, основанный на использовании геоинформационной системы MapInfo, представлен в данной статье.

Количественная оценка показателей загрязнения

Для оценки влияния загрязнения атмосферы на здоровье населения по районам и жилмассивам использовался коэффициент загрязнения атмосферы

$$K_{\text{атм}} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{N \text{ ПДК}_i}, \quad (1)$$

где c_i – фактическая концентрация i -го вещества; ПДК – предельно допустимая концентрация i -го вещества; N – коэффициент запаса, равный 2,3 – для веществ 1-го класса опасности, 1,3 – для веществ 2-го класса, 1,0 – для 3-го класса и 0,87 – для 4-го класса; n – суммарное число поллютантов, по которым оцениваются последствия [3].

Степень загрязнения атмосферы различными источниками оценивается комплексным показателем загрязнения атмосферы города – индексом загрязнения атмосферы (ИЗА):

$$\text{ИЗА} = \sum_i^n \left(\frac{q_i}{\text{ПДК}_{\text{им.р}}} \right)^{a_i}, \quad (2)$$

где q_i – значение концентрации i -го вещества, мг/м³; ПДК_{им.р} – предельно допустимая максимально разовая концентрация, мг/м³; a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести вредность i -го вещества с вредностью веществ 3-го класса опасности. Константа a для веществ 1–4-го классов опасности соответственно равна 1,7; 1,3; 1,0; 0,9; n – количество примесей, участвующих в расчетах [5].

Исходные данные

Для оценки степени загрязнения атмосферы различными источниками были взяты данные из город-

ского комитета экологии о выбросах вредных веществ, в частности по содержанию формальдегида, оксида углерода, двуокиси азота, сажи и твердых веществ. Были использованы также результаты расчетов полей концентраций комплексного показателя загрязнения атмосферы, произведенных в Зап.-Сиб. РВЦ, которые были рассчитаны по 22 веществам выбросов от 176 предприятий города (рис. 1). При этом были учтены следующие примеси: пыль, двуокись азота, двуокись серы, фенол, аммиак, окись углерода, фтористый водород, ксилол, ацетон, уайт-спирит, толуол, хлор, серная кислота, фтористый водород, азотная кислота, этилацетат, фталевый ангидрид, трихлорэтилен, бутилацетат, метиловый спирт, спирт этиловый и бензин. Расчет показателя ИЗА производился в Зап.-Сиб. РВЦ по узлам сетки,

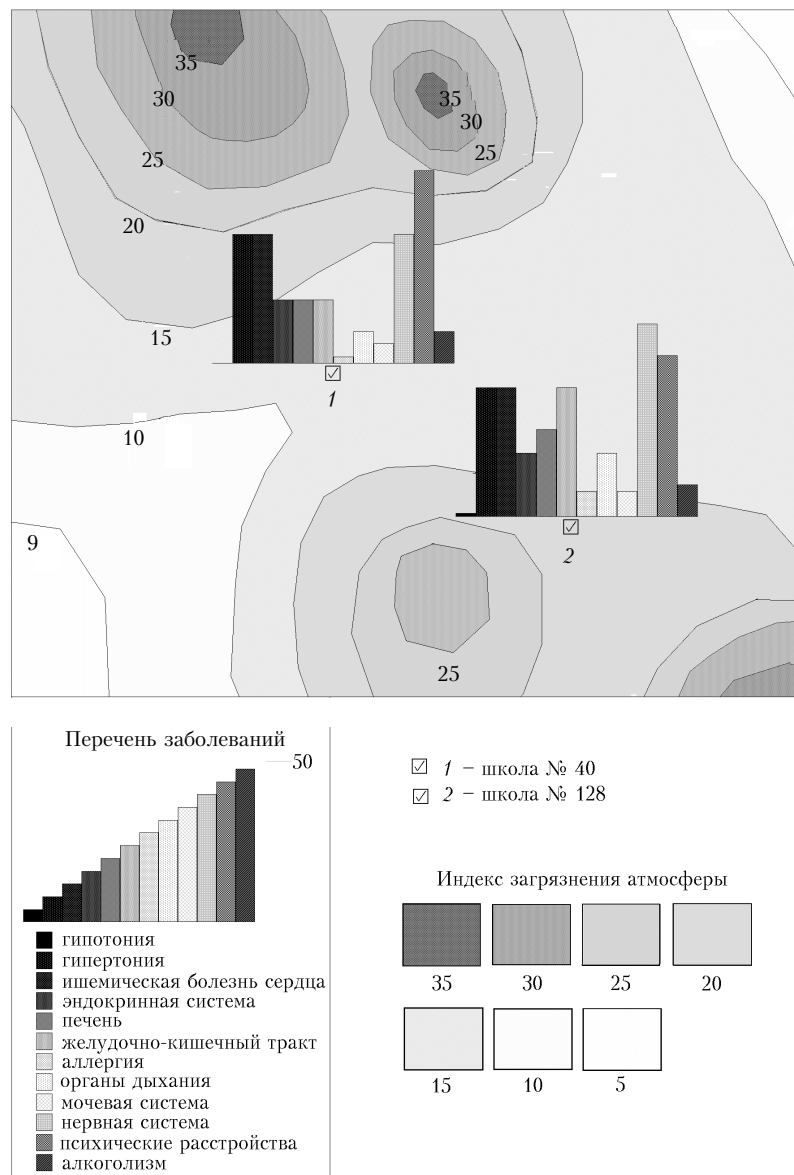


Рис. 1. Индекс загрязнения атмосферы. Детская заболеваемость

на которую была разбита территория города, с шагом 1000 м. Это позволило рассмотреть всю площадь города с достаточной детализацией, что является безусловным преимуществом при построении экологических карт города. Информация о здоровье населения была получена в санэпидемиологической службе города.

Результаты представления и анализа данных

Геоинформационные технологии являются эффективным средством представления и анализа разнотипных данных. Экспериментальные работы выполнялись на примере Ленинского и Кировского районов г. Новосибирска, в среде ГИС MapInfo, были использованы

данные городского комитета экологии, Зап.-Сиб. РВЦ и санэпидемстанции. На первом этапе формировалась цифровая карта указанных районов, на которой показаны такие базовые элементы, как гидрография, растительность, кварталы, промышленные предприятия, школы и т. д. (рис. 2).

Далее были сформированы отдельные таблицы, характеризующие степень влияния загрязняющих веществ на здоровье населения.

Следующий и самый важный этап – совместный анализ данных и выбор наглядных средств визуализации. Так, информация об источниках загрязнения наиболее полно и компактно отображается в виде круговых диаграмм, на которых четко прослеживается соотношение групп поллютантов, отнесенных к соответствующим классам опасности (рис. 3).

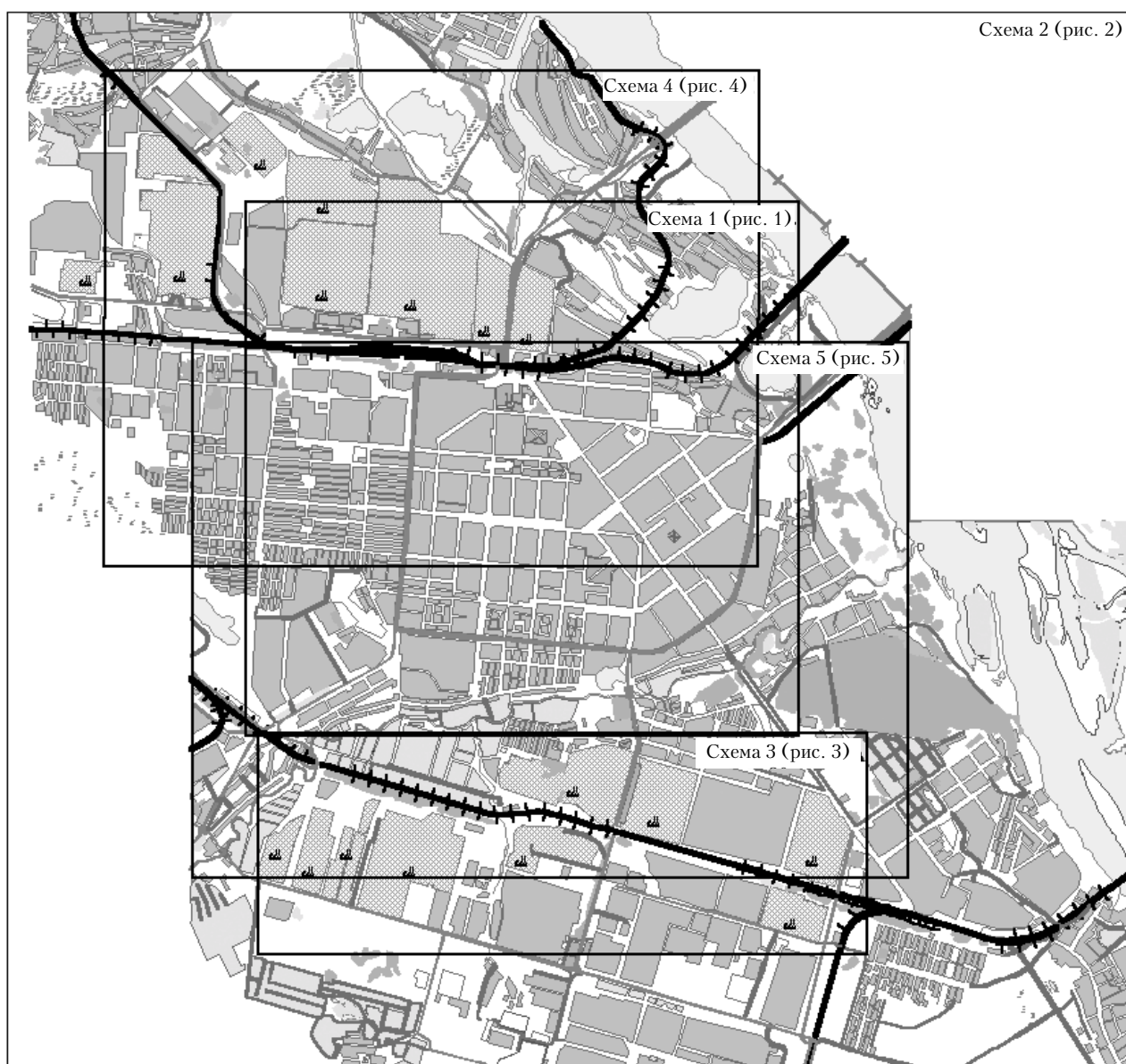


Рис. 2. Карта Ленинского и Кировского районов г. Новосибирска. □ – Местоположение схем на карте районов

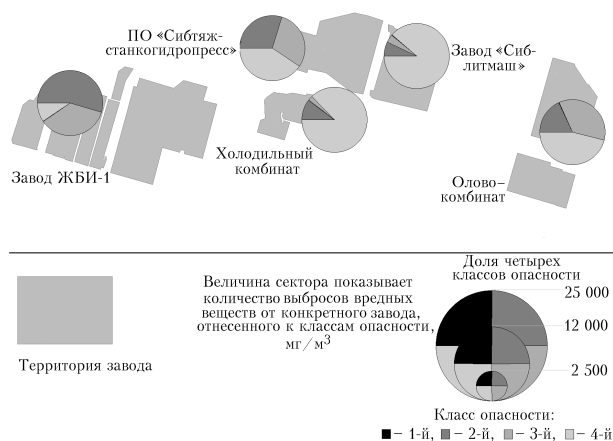


Рис. 3. Доля вредных веществ, разделенных по классам опасности от заводов Ленинского и Кировского районов г. Новосибирска

Отображение информации в виде линий с однородной концентрацией загрязняющих веществ (изолинии) показывает их распределение по всей территории районов, для наибольшей наглядности на рис. 4 представлены изолинии загрязнения атмосферы города окисью углерода и твердыми веществами.

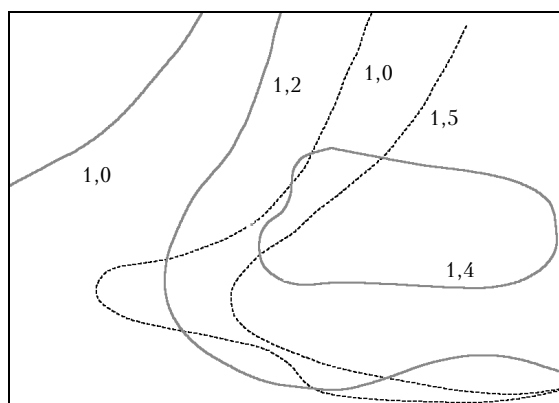


Рис. 4. Содержание в атмосфере оксида углерода (точки) и твердых веществ (сплошные линии), $\text{мг}/\text{м}^3$

По рассчитанным показателям $K_{\text{атм}}$ [формула (1)] были построены grids (площади загрязнения с условно однородным содержанием количества поллютантов), наиболее характерно отображающие степень загрязнения атмосферы города сажей и окисью углерода (рис. 5). Из рис. 5 видно, что даже для двух веществ из разных классов опасности картина пространственного распределения поллютантов и соответственно степени риска здоровью населения становится более мозаичной. Если для индивидуальных веществ (см. рис. 4) четко выделяются центры максимального загрязнения, то значения ИЗА распределены на анализируемой территории очень неравномерно. Более значителен и перепад параметра риска. Так, уровень окиси углерода изменяется в 1,5 раза, а уровень загрязнения твердыми веществами в 1,75 раза, при этом $K_{\text{атм}}$ изменяется в 2,25 раза.

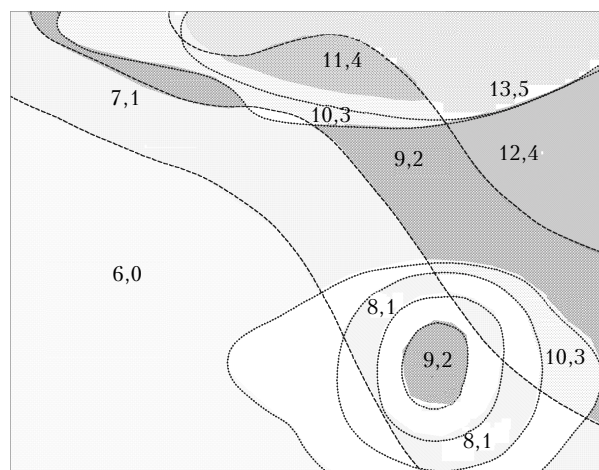


Рис. 5. Комплексный показатель загрязнения атмосферы, рассчитанный по саже и оксиду углерода ($\text{мг}/\text{м}^3$); ---- — изолинии концентрации сажи; - - - - — изолинии концентрации оксида углерода; светлые поля — некоторые участки территории, не попавшие под данную классификацию из-за более детальной проработки и невозможности отобразить в черно-белом варианте

Для комплексной оценки опасности суммарного загрязнения можно использовать коэффициент ИЗА, значение которого рассчитывается по формуле (2). Слой карты, отображающий комплексный показатель загрязнения атмосферы по показателю ИЗА, представлен на рис. 1. Территория города делилась на районы по следующим категориям опасности:

- территории 1-й категории опасности при $\text{ИЗА} > 30$;
- территории 2-й категории опасности $30 > \text{ИЗА} > 20$;
- территории 3-й категории опасности $20 > \text{ИЗА} > 10$;
- территории 4-й категории опасности $\text{ИЗА} < 10$.

Для наибольшей наглядности grids загрязнения разбиты на подгруппы с шагом, равным пяти. Как видно на рис. 1, показатель ИЗА больше 10 имеет практически вся левобережная часть города.

Чтобы выявить влияние техногенной нагрузки на здоровье населения в промышленных центрах, проводились обследования детей в школах города Новосибирска (левобережья). По этим данным были построены столбчатые диаграммы, показывающие количество детей с ишемической болезнью сердца, гипертонией, болезнями дыхательных путей, мочеполовой системы, желчекаменной болезнью, заболеваниями почек и т. д. (см. рис. 1).

Всего создано 24 слоя, а именно: диаграмма выбросов вредных веществ первого класса опасности (ванадия пятиокись, кадмия оксид, свинец и его неорганические соединения оксид свинца, свинца ацетат, хром шестивалентный) от заводов города; первая диаграмма выбросов вредных веществ второго класса опасности (сероводород, сероуглерод, фтористые соединения, фенол, кальция фторид, натрия гексафторалюминат, кислота азотная, формальдегид, хлор, цинка сульфат, углерод четыреххлористый, угольная

зола) от заводов города; вторая диаграмма выбросов вредных веществ второго класса опасности (алюминия фторид, азота диоксид, водород фтористый, водород хлористый, кислота серная, кислота соляная, кремний четырехфтористый, марганец и его соединения, меди оксид, мышьяк, мышьяковистый ангидрид) от заводов города; первая диаграмма выбросов вредных веществ третьего класса опасности (азота диоксид, взвешенные вещества, ангидрид сернистый, двуокись серы, железа оксид, пыль неорганическая с 70%-ным содержанием вредных веществ, с содержанием загрязнителей в интервале от 20 до 70%, и 20%-ным содержанием (сажа, сернистый газ, спирт-н-бутиловый) от заводов города; вторая диаграмма выбросов вредных веществ третьего класса опасности (толуол, цинка оксид, шамот, диоксид кремния, доломит, ксилол, кислота уксусная, оксид магния, цинка нитрат, цинка оксид, ацетальдегид, пыль зерновая, пыль хлопковая) от заводов города; диаграмма выбросов вредных веществ четвертого класса опасности (бензин, бутилацетат, гексан, спирт этиловый, углерода оксид, углерод предельный, этилацетат, ацетон, аммиак, бутан) от заводов города; круговые диаграммы, показывающие суммарное количество вредных веществ, разбитых по классам; изолинии концентрации сажи в атмосфере; изолинии концентрации двуокиси азота в атмосфере; изолинии концентрации окиси углерода в атмосфере; изолинии концентрации формальдегида в атмосфере; изолинии концентрации твердых веществ в атмосфере; изолинии концентрации пыли в атмосфере; места аварийных выбросов вредных веществ; потенциальные места аварийных выбросов, сбросов вредных веществ; гриды пылевой нагрузки атмосферы; гриды загрязнения $K_{\text{атм}}$, рассчитанные по саже и оксиду углерода; гриды загрязнения $K_{\text{атм}}$, рассчитанные по саже, оксиду углерода и двуокиси азота; гриды загрязнения $K_{\text{атм}}$, рассчитанные по саже, оксиду

углерода, двуокиси азота и твердым веществам; гриды загрязнения ИЗА; заболеваемость детей в некоторых школах районов города; статистика онкологических заболеваний; статистика смертности; места сброса сточных вод.

Эти слои включают информацию о количестве выбросов вредных веществ по каждому источнику и полученные в результате вычислений $K_{\text{атм}}$ и ИЗА по приведенным выше формулам.

Выводы

Использование современных компьютерных технологий обеспечивает разноплановый анализ экологических данных с визуализацией полученных результатов. Один из таких подходов на базе использования геоинформационной системы MapInfo представлен в данной статье.

Полученные результаты показывают принципиальные возможности использования ГИС для количественной оценки экологического состояния территорий и позволяют сделать вывод об эффективности их использования для оперативного прогноза.

Данная работа частично поддержана интеграционным грантом № 64 СО РАН.

1. *Атлас* химического и радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод, почв, снежного покрова и атмосферных осадков за 1980–1992 гг. Новосибирск: Зап.-Сиб. РВЦ, 1993. С. 107.
2. *Аганжаниян Н.А., Гичев Ю.П., Торшин В.И.* Экология человека. М.: Новосибирск, 1997. С. 350.
3. *Гичев Ю.П.* Современные проблемы экологической медицины. Новосибирск: СО РАМН, 1999. С. 183.
4. *Нормативные* документы городского комитета экологии «2 ТР – воздух», 1999. С. 32.
5. *Безуглая Э. Ю.* Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. С. 120.

M.V. Gerasimova, K.P. Koutsenogii, L.K. Trubina. Geoinformation technologies in estimation of ecologic conditions of industrial territories of the left-bank region of Novosibirsk.

The modern computer technologies for estimation of pollution of an environment are offered. They allow the most complete and versatile analysis of emissions of harmful substances in the atmosphere of a city, estimate of the atmospheric pollution influence on the health of the population, and visualization of the received results. One of the probable approaches, based on the use of GIS MapInfo, is submitted in the given work.