

УДК 502.3/5: 504.03/05

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТДЕЛЬНЫМИ  
ПРЕДПРИЯТИЯМИ ГОРОДА ЗАПОРОЖЬЯ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА ИХ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

*Богун С.В., Зорин С.В., Картавцев О.Н., Турос Е.И*

**Введение**

Методология оценки риска (ОР) - новый инструмент в области управления охраной окружающей среды в Украине и некоторых странах СНГ, в то время как в США эта методология успешно применяется в течение последних десятилетий [1]. Первые пилотные исследования с использованием методологии оценки риска в России проводились в рамках Проекта по управлению качеством окружающей среды и экономике природопользования совместно со специалистами Гарвардского института международного развития и Гарвардской школы здравоохранения [2].

Результаты применения методологии оценки риска на практике в различных регионах России (до 20 таких городов, как Волгоград, Новокузнецк, Пермь, Ангарск, Красноуральск, Самара, Новокуйбышевск, Великий Новгород, Воронеж, Серпухов, Москва, Клин, Череповец, Верхняя Пышма, Оренбург и др.) [3] показали высокую перспективность этих исследований в качестве надежного инструмента, способного определять приоритетность, целесообразность, и эффективность экологических мероприятий.

**Основная часть**

В Украине в рамках Проекта развития институционального потенциала Минприроды Украины, который выполняет Каунтерпарт Интернешнл при поддержке Агентства по охране окружающей среды США была применена методология ОР воздействия поллютантов атмосферного воздуха на здоровье жителей близлежащих микрорайонов в двух пилотных населенных пунктах: Запорожье и поселке-сателлите Змиевской ТЭС - Комсомольске (Харьковская область).

Одной из целей данной работы являлось установление возможности использования современных, принятых в мире методов количественной оценки химического риска для здоровья, другой – использования системы сбора и обработки информации о загрязнении атмосферного воздуха, существующей в Украине. Для расчета концентраций поллютантов анализировалась возможность применения принятых в Украине методов математического моделирования рассеивания атмосферных загрязнителей [4]. В рамках данного проекта, исследование было сконцентрировано на проблеме оценки риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха выбросами только стационарных источников (трех промышленных предприятий) г. Запорожье.

Как известно, методология ОР требует установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных эффектов на основе научного анализа токсических свойств химических веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух и последствий их воздействия на человека.

ОР состоит из четырех основных этапов: идентификации опасности, оценки зависимости «доза-ответ», оценки экспозиции (воздействия) и характеристики риска [5]. Следовательно, целесообразность применения методов пространственного анализа имеет место на третьем этапе ОР.

На этом этапе, в контексте ингаляционного пути поступления вредных веществ, решается задача определения концентрации вредного вещества в заданных точках воздействия (рецепторных точках) – количественная характеристика экспозиции и воздействующей дозы. В настоящее время, в силу многих причин, решить эту задачу можно лишь путем моделирования поведения и распространения химических загрязнителей в атмосферном воздухе.

Выбор метода расчета концентраций загрязнителей атмосферного воздуха базировался на принципе использования легитимных на Украине методов и имеющихся ресурсов информации о стационарных источниках выбросов вредных веществ.

Данные о трех промышленных объектах, расположенных в двух административных районах города были предоставлены Запорожским управлением экологии и природных ресурсов. Исходная информация была представлена в виде массивов данных в форматах, которые используют расчетные программы, утвержденные Министерством охраны окружающей среды Украины. К таким программным продуктам также относятся разработанные предприятием «ЭКОМЕДСЕРВИС» модули расширения (extension) к ArcView GIS v. 3х. с использованием доступа к DLL программы «ЕОЛ 2000» компании «СОФТ-ФОНД».

С помощью этих модулей в среде ArcView GIS выполняются все операции с данными: от ввода (импорта) данных до расчета (моделирования) и отображения результатов на электронной карте населенного пункта. При этом, пользователь имеет возможность непосредственно решать более сложные задачи пространственного анализа, заложенные в ArcView GIS и других модулях расширения.

Все исходные данные во время импортирования были валидизированы, т. е. проверены автоматизированным путем на целостность и непротиворечивость, а также уточнены, поскольку ранее были обнаружены несоответствия в задании параметров некоторых источников, кодировки вредных веществ и т.п. Таким, образом, на электронной карте г. Запорожья (представленной КП «ЭКОЦЕНТР», г. Запорожье) размещены около 400 стационарных источников трех промышленных объектов - А, В и С (Рис.1).



*Рис.1. Географическое положение стационарных источников выбросов вредных веществ объектов А, В и С в г. Запорожье ( выделены источники выбросов азота двуокиси)*

Как видно на рис.1, стационарные источники имеют определенную пространственную неоднородность размещения, т.е. находятся на различном расстоянии от рецепторных точек (места проживания населения). Кроме этого, они также имеют различные параметры - высоту, диаметр устья, температуру, скорость и мощность эмиссии вредных веществ (таблица 1).

В таблице 1 приведены обобщенные данные по мощности эмиссии для 24-х вредных веществ, которые выбрасываются источниками объектов А, В и С (г/с). Для выбора приоритетных вредных веществ был проведен анализ валовой мощности выбросов (т/г) за 2003 г., в результате которого были отобраны 15 загрязнителей. Для этих загрязнителей были получены расчетные концентрации в приземном слое атмосферы (таблицы 2 и 3).

На рис. 3 и 4 представлено пространственное распределение расчетных концентраций двуокиси азота, вещества обладающего токсическим эффектом и приводящего к увеличению частоты случаев появления симптомов и увеличения продолжительности периодов обострения со стороны верхних и нижних дыхательных путей у детей. Как видно из таблиц 2 и 3, значения концентраций азота двуокиси для жителей двух районов города существенно не отличаются. Так, значения средних концентраций близки как для Орджоникидзовского ( $3,30E-02$  мг/м<sup>3</sup>), так и для Заводского районов ( $3,50E-02$  мг/м<sup>3</sup>).

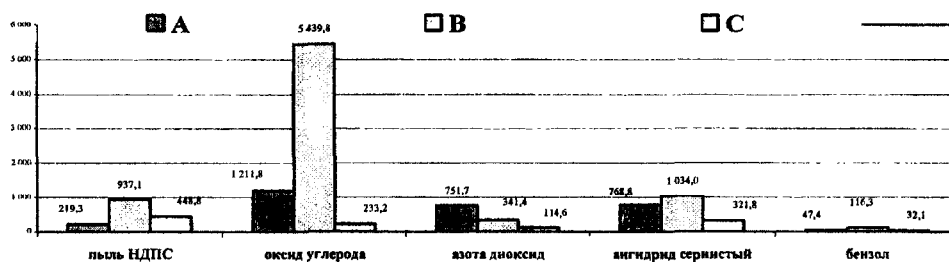


Рис. 2. Валовая мощность выброса тон в год отдельных вредных веществ

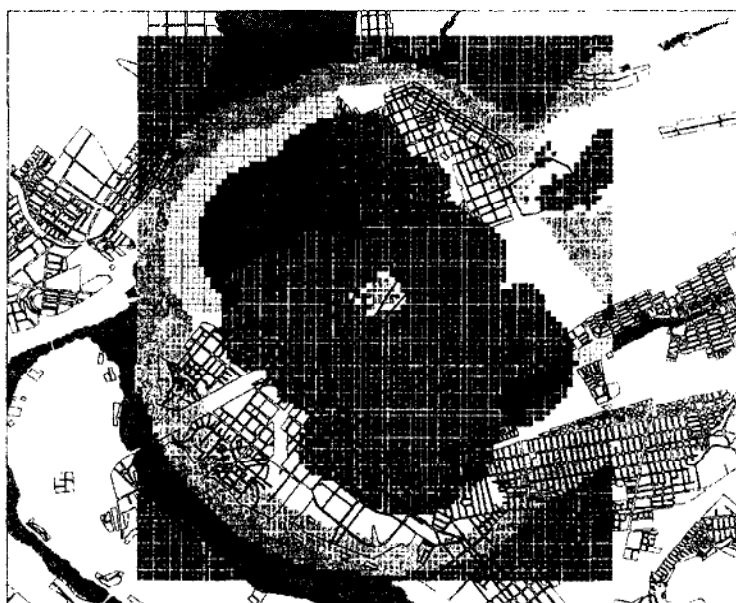


Рис. 3. Распределение концентраций азота двуокиси от стационарных источников выбросов вредных веществ объектов А, В и С в г. Запорожье (цвета даны для 5-ти квантилей концентраций см. табл.2 и 3).

Вместе с тем, очевидно, что, в случае равномерной плотности проживания населения (к сожалению, у нас отсутствовала соответствующая информация) субпопуляция людей, которая попадает в верхний квантиль распределения концентраций, будет больше в Заводском районе.

Рисунок 5 иллюстрирует пространственное распределение концентраций известного канцерогенного вещества - бенз(а)пирена. Как видно из таблиц 2 и 3, максимальная концентрация этого вещества почти 2,7 раза, а средняя в 2 раза больше в Заводском районе, чем в Оржоникидзовском. Тем не менее, скорее всего, при тех же

условиях, субпопуляция людей проживающая в последнем районе получит большую дозу (экспозиция с большей концентрацией) этого вредного вещества ингаляционным путем.

Таблица 1

Суммарная максимальная мощность выбросов приоритетных вредных веществ от источников объектов А, В и С

наименование вредного вещества	количество источников				суммарная мощность выброса, г/с			
	А	В	С	итого	А	В	С	итого
азота двуокись	35	42	23	100	2,83E+01	1,52E+01	4,77E+00	4,83E+01
алюминия оксид			3	3			3,20E-01	3,20E-01
ангидрид сернистый	44	31	19	94	4,07E+01	6,47E+01	1,63E+01	1,22E+02
бенз(а)пирен	60	17		77	8,86E-04	6,16E-04		1,50E-03
бензол	84			84	2,59E+00			2,59E+00
карбонат кальция		7		7		8,74E+00		8,74E+00
кислота серная	4	1	1	6	1,19E-02	3,00E-05	1,60E-04	1,21E-02
ксилол	4		3	7	3,03E-03		6,05E-02	6,35E-02
марганец и его соединения	5	44	11	60	1,16E-02	1,28E+01	3,21E-03	1,29E+01
нафталин	55			55	9,52E-02			9,52E-02
оксид углерода	48	51	25	124	6,20E+01	3,74E+02	1,36E+01	4,50E+02
пыль графита		2	2	4		3,49E+00	7,50E-02	3,56E+00
пыль неорганическая НДПС	45	86	83	214	6,30E+00	5,49E+01	2,04E+01	8,16E+01
сажа	7	1		8	5,61E+00	3,71E-02		5,64E+00
свинец и его соединения		3	1	4		3,50E-02	2,00E-03	3,70E-02
сероводород	77			77	4,09E-01			4,09E-01
сероуглерод	7			7	1,16E-02			1,16E-02
спирт н-бутыловый	3			3	4,80E-03			4,80E-03
толуол	17			17	1,69E-01			1,69E-01
углеводороды ароматические НДПС		5	58	63		5,96E-03	7,87E+00	7,88E+00
углеводороды НДПС		2		2		3,01E-02		3,01E-02
фенол	90		1	91	1,81E-01		7,80E-03	1,89E-01
цианистый водород	75			75	2,45E-01			2,45E-01
цинка окись		1	1	2		3,50E-02	1,00E-03	3,50E-02

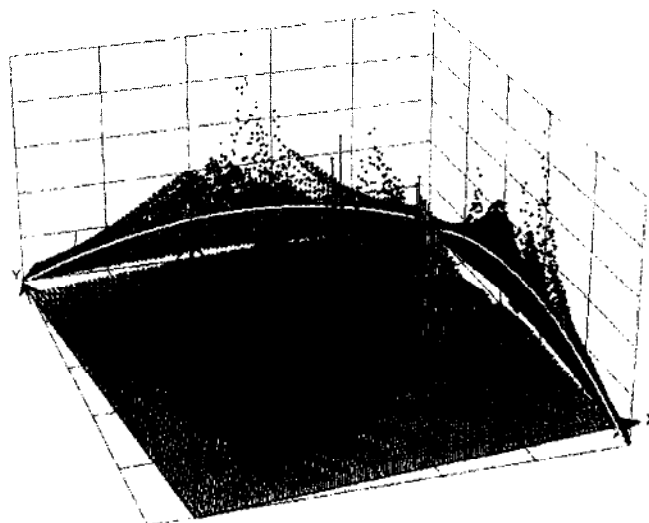
Таблица 2  
 Результат расчета концентраций приоритетных вредных веществ от источников выброса объектов А, В и С в  
 Орджоникидзевском районе г. Запорожья

Наименование вредного вещества	расчетное распределение концентраций вредных веществ, мг/м куб										mean	St. Dev	
	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	min	max						
пыль НДПС	0,048 - 0,074	0,074 - 0,094	0,094 - 0,122	0,122 - 0,185	0,185 - 3,291	4,70E-02	3,29E+00	1,47E-01	1,35E-01				
соединения марганца	0,009 - 0,013	0,013 - 0,015	0,015 - 0,021	0,021 - 0,034	0,034 - 0,096	8,90E-03	9,50E-01	2,40E-02	1,60E-02				
азота двуокись	0,019 - 0,025	0,025 - 0,028	0,028 - 0,033	0,033 - 0,042	0,042 - 0,124	1,89E-02	1,24E-01	3,30E-02	1,20E-02				
ангидрид сернистый	0,059 - 0,081	0,081 - 0,096	0,096 - 0,115	0,115 - 0,156	0,156 - 0,299	5,90E-02	2,98E-01	1,18E-01	4,30E-02				
углерода окись	0,287 - 0,406	0,406 - 0,482	0,482 - 0,624	0,624 - 0,821	0,821 - 2,062	2,86E-01	2,06E+00	6,30E-01	2,79E-01				
бенз(а)пирен	0,000002 - 0,000003	0,000003 - 0,000004	0,000004 - 0,000005	0,000005 - 0,00001	0,00001 - 0,00006	2,00E-06	6,00E-05	8,00E-06	8,00E-06				
кальция карбонат	0,009 - 0,026	0,026 - 0,047	0,047 - 0,075	0,075 - 0,111	0,111 - 0,156	8,70E-03	1,56E-01	3,90E-02	3,20E-02				
пыль графита	0,002 - 0,003	0,003 - 0,004	0,004 - 0,005	0,005 - 0,009	0,009 - 0,066	1,56E-03	6,60E-02	6,80E-03	7,40E-03				
соединения свинца	0,00003 - 0,00005	0,00005 - 0,00007	0,00007 - 0,00011	0,00011 - 0,00021	0,00021 - 0,00133	3,00E-05	1,33E-03	1,38E-04	1,66E-04				
сажа	0,0013 - 0,0023	0,0023 - 0,0026	0,0026 - 0,0029	0,0029 - 0,0033	0,0033 - 0,0056	1,27E-03	5,64E-03	2,80E-03	6,76E-04				
хром шестивалентный	0	0	0	0 - 0,000001	0,000001 - 0,000004	0,00E+00	4,00E-06	1,00E-06	1,00E-06				
фенол	0 - 0,001	0,001 - 0,003	0,003 - 0,006	0,006 - 0,014	0,014 - 0,028	2,70E-04	2,83E-02	1,23E-03	1,58E-03				
сероводород	0,0006 - 0,0011	0,0011 - 0,0014	0,0014 - 0,002	0,002 - 0,0036	0,0036 - 0,1348	6,00E-04	1,35E-01	2,90E-03	5,20E-03				
бензол	0,003 - 0,006	0,006 - 0,007	0,007 - 0,01	0,01 - 0,017	0,017 - 0,11	3,40E-03	1,10E-01	1,31E-02	1,26E-02				
сероуглерод	0,00002 - 0,00012	0,00012 - 0,00031	0,00031 - 0,0007	0,0007 - 0,00142	0,00142 - 0,00276	2,00E-05	2,75E-03	1,80E-04	1,77E-04				

Таблица 3

Таблица 3  
 Результат расчета концентраций приоритетных вредных веществ от источников выброса объектов А, В и С в  
 Заводском районе г. Запорожья

Наименование вредного вещества	расчетное распределение концентраций вредных веществ, мг/м <sup>3</sup> ·губ										St. Dev
	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	мин	макс	мвал			
пыль НДПС	0,061 - 0,089	0,089 - 0,129	0,129 - 0,199	0,199 - 0,336	0,336 - 1,859	6,14E-02	1,86E+00	2,30E-01			1,94E-01
соединения марганца	0,011 - 0,032	0,032 - 0,054	0,054 - 0,075	0,075 - 0,097	0,097 - 0,118	1,06E-02	1,18E-01	3,40E-02			2,20E-02
азота двуокись	0,019 - 0,030	0,030 - 0,040	0,040 - 0,050	0,050 - 0,060	0,060 - 0,069	1,93E-02	6,90E-02	3,50E-02			1,15E-01
ангидрид сернистый	0,051 - 0,081	0,081 - 0,1	0,1 - 0,128	0,128 - 0,175	0,175 - 0,261	6,11E-02	2,60E-01	1,25E-01			4,70E-02
углерода окись	0,274 - 0,37	0,37 - 0,458	0,458 - 0,599	0,599 - 0,8	0,8 - 1,769	2,74E-01	1,77E+00	6,03E-01			2,70E-01
бенз(а)пирен	0,000002 - 0,000002	0,000002 - 0,000003	0,000003 - 0,000004	0,000004 - 0,000005	0,000005 - 0,00001	2,00E-06	1,00E-05	4,00E-06			3,00E-06
кальция карбонат	0,007 - 0,01	0,01 - 0,014	0,014 - 0,019	0,019 - 0,033	0,033 - 0,108	6,60E-03	1,08E-01	2,32E-01			1,86E-02
пыль графита	0,002 - 0,003	0,003 - 0,005	0,005 - 0,007	0,007 - 0,015	0,015 - 1,228	1,85E-03	1,23E+00	1,95E-02			6,80E-02
соединения свинца	0,00003 - 0,00036	0,00036 - 0,00068	0,00068 - 0,00101	0,00101 - 0,00133	0,00133 - 0,00166	3,00E-05	1,60E-03	1,65E-04			2,03E-04
сажа	0,0017 - 0,0021	0,0021 - 0,0026	0,0026 - 0,0029	0,0029 - 0,0033	0,0033 - 0,0167	1,65E-03	1,67E-02	2,80E-03			1,00E-03
хром шестивалентный	0 - 0,000001	0,000001	0,000001 - 0,000003	0,000003 - 0,000005	0,000005 - 0,00001	0,00E+00	1,00E-05	1,00E-06			1,00E-06
фенол	0,0003 - 0,0004	0,0004 - 0,0006	0,0006 - 0,0008	0,0008 - 0,0011	0,0011 - 0,0043	2,60E-04	4,25E-03	8,09E-04			5,40E-04
сероводород	0,0006 - 0,0008	0,0008 - 0,0011	0,0011 - 0,0016	0,0016 - 0,0023	0,0023 - 0,0097	5,00E-04	9,67E-03	1,71E-03			1,21E-03
бензол	0,004 - 0,008	0,008 - 0,015	0,015 - 0,024	0,024 - 0,04	0,04 - 0,066	3,60E-03	6,60E-02	1,10E-02			8,00E-03
сероуглерод	0,00003 - 0,00006	0,00006 - 0,00008	0,00008 - 0,00011	0,00011 - 0,00016	0,00016 - 0,00084	3,00E-05	8,40E-04	1,12E-04			9,00E-05



*Рис. 4. Статистическая поверхность концентраций азота двуокиси от стационарных источников выбросов вредных веществ объектов А, В и С в г. Запорожье (ось ОУ направление север-юг)*

#### **Выводы**

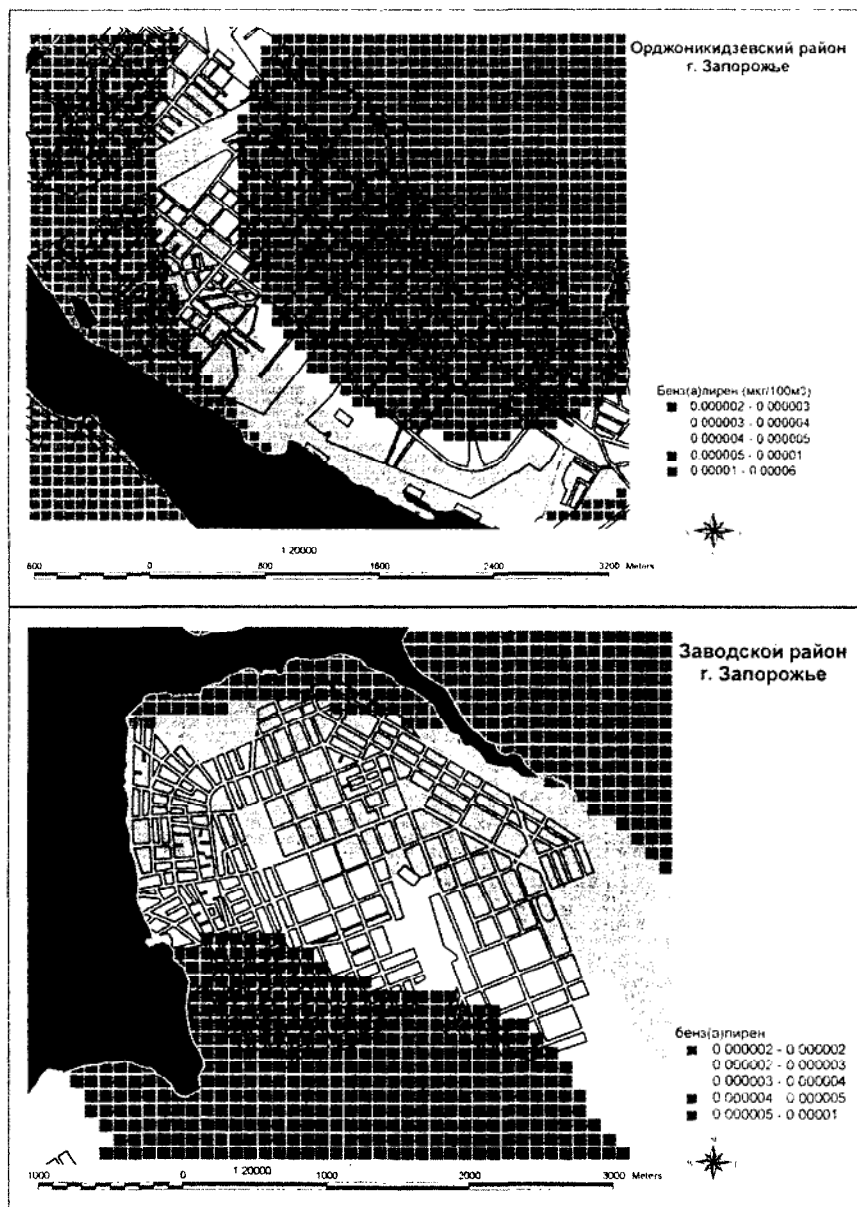
Полученные на основе геоинформационного моделированные результаты (хотя и основанные на ориентировочных данных о выбросах стационарных источников) демонстрируют возможности:

- получения данных о загрязнении атмосферного воздуха без вложения дополнительных материальных средств на проведение наблюдений;
- использования существующих данных о загрязнении атмосферного воздуха предприятиями при пространственном анализе загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха;
- целесообразности и правомерности применения современных геоинформационных технологий в практике оценки экспозиции и, соответственно, при характеристике риска воздействия загрязняющих веществ на состояние здоровья населения.

#### **Литература**

- Опыт применения методологии оценки риска в России //выпуски 1 - 6, М., 1997.
- «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий». Общесоюзный нормативный документ (ОНД-86).
- Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М.Новиков, Ю.А.Рахманин и др./ Под ред. Рахманина Ю.А. - М.:НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. - 408 с.
- 4.COST Action<sup>1</sup>710 – Final Report. Meteorology. Edited by Fisher B.E.A., J.J. Erbrink, et.al. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 1998, 431p.





с. 5. Распределение концентраций бен(а)пирена от стационарных источников выбросов вредных веществ объектов А, В и С в г. Запорожье

Статья поступила в редакцию 11 мая 2004