УДК [504.06 +504.05 + 503.03]

В.Н.ВОРОБЬЕВ, А.И.ПОТАПОВ

Российский государственный гидрометеорологический университет, г.Санкт-Петербург

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Проведен анализ состояния окружающей среды в Санкт-Петербурге. Установлены факторы, ответственные за ухудшение качества окружающей среды. Предложена система новых показателей качества, основанная на использовании системы экологических индикаторов и индексов качества окружающей среды, особенностью которой является хорошая совместимость показателей с требованиями, выдвигаемыми системами принятия решений.

In operation the analysis of a state of an environment in St.-Petersburg is held. The factors, accountable for deterioration of an environment are placed. In operation the system of new metrics of quality based on usage of the system of ecological indicators and indexes of quality of an environment is offered. A main feature of the tendered system of metrics is the good compatibility of metrics with the requirements advanced systems of decision making.

Санкт-Петербург – важнейший промышленный, культурный и научный центр России, четвертый по населенности город Европы и самый северный из крупнейших городов мира. По мнению специалистов, к настоящему времени в городе сложилась довольно сложная экологическая ситуация. Территория города и области отличается наиболее высокой техногенной нагрузкой на окружающую среду среди регионов европейской части страны по комплексу показателей экологической опасности, что и обусловливает его проблемы. Более 40 % территории Санкт-Петербурга занимают промышленные предприятия и обслуживающие их структуры. Почти 1000 крупных индустриальных объектов загрязняют городскую среду, а несовершенство действующих нормативных и законодательных актов и низкий уровень природоохранных затрат дополняют отрицательное действие на окружающую среду.

В настоящее время существует достаточно много показателей качества отдельных компонентов окружающей среды. Наиболее разработанными являются показатели качества для атмосферного воздуха и для воды. Для атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге и на Северо-Западе РФ применяются следующие показатели: ИЗА – комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей; СИ – наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на ПДК; НП – наибольшая повторяемость (в процентах) превышения ПДК одной из примесей за месяц или за год. Аналогичным показателем для воды является ИЗВ – индекс загрязнения воды, представляющий собой среднее от суммы измеренных концентраций, деленных на ПДК для приоритетных загрязнителей.

Общим недостатком всех этих показателей является применение ПДК в качестве пороговой величины, хотя ПДК – это санитарно-токсикологические показатели, а не экологические. Кроме того, экологические ситуации отслеживаются всего лишь по одной (химической) составляющей и только по составу. Физическая и биотическая составляющие в этом случае игнорируются. Поэтому необходима разработка новых показателей качества окружающей среды и ее главных компонентов, более адекватно описывающих состояние окружающей среды.

Наиболее приемлемыми новыми показателями качества, свободными от указанных недостатков, могут быть интенсивно разрабатываемые в настоящее время экологические индикаторы и индексы и ин-

дексы качества. Такого рода показатели разрабатываются в ряде стран Европы и Азии, они находятся в центре внимания Комиссии по устойчивому развитию при ООН и Комитета по экологическим индикаторам и индексам.

Новые показатели качества должны отвечать таким критериям, как чувствительность, научная обоснованность, способность к агрегативности, простота интерпретации. Последнее требование особенно важно, так как в противном случае подобные показатели не будут восприняты системой принятия решений.

Новый подход, основанный на системном анализе и методах описания сложных систем, позволяет непротиворечиво ввести расчетные формулы, количественно определяющие экологические индикаторы как по составу, так и по другим направлениям оценки. Полученные индикаторы служат исходными параметрами для расчета индексов качества, под которыми понимается отклонение качества рассматриваемого объекта от уровня, принимаемого за базовый. В качестве базы для отсчета принимаются параметры, характеризующие состав, свойства, характеристики процессов и явлений на неурбанизированной территории. Таким образом, новые показатели качества не нуждаются в использовании понятия ПДК, что делает их более адекватными. Одновременно с этим введенные новые индексы качества просты в интерпретации и имеют приемлемые количественные шкалы, что позволяет легко считывать полученную информацию и практически в готовом виде передавать ее в систему принятия решений.

Пусть полное число индикаторов, характеризующих «идеальное» качество воздуха в химической составляющей по классу состав на неурбанизированной территории, равно некоторому заданному числу χ_i. И пусть число индикаторов, измеренных на урбанизированной территории и совпавших по своему численному значению с индикаторами, выступающими в качестве эталонных, равно также какому-то конкретному числу χ_k. Тогда отношение второго числа индикаторов, т.е. числа индикаторов, значения которых совпали при сравнении, к первому заданному числу индикаторов, в полном соответствии с введенным выше определением индекса, будет служить индексом качества k_{ik} атмосферного воздуха по данному показателю внутри выбранных составляющей и класса, характеризующим степень совпадения с полным качеством:

$$k_{ik} = \chi_i/\chi_k. \qquad (1)$$

Аналогичным способом можно ввести индексы качества в любой из составляющих (физической или биотической) для всех классов, так как предложенный принцип построения индекса качества является универсальным.

Индексы качества напрямую связаны с экологическим риском R. Действительно, в таком подходе риск

$$R = 1 - k_{ik} = 1 - \chi_i/\chi_k. \qquad (2)$$

Приемлемыми шкалами для количественного измерения индикаторов и индексов являются так называемые реальные (физические) шкалы, имеющие диапазоны от 0 до 1, 10 и 100. Немаловажно, что такие шкалы являются линейными, т.е. пропорциональными, и перспективны в разработке новых подходов к представлению агрегированной информации управленческим структурам.

Представление экологической информации на основе индикаторов и индексов, например экологическое состояние и качество атмосферного воздуха, строится таким образом, что каждый взятый в отдельности индикатор трактуется как индивидуальный признак, подлежащий дальнейшему сопоставлению с соответствующим базовым признаком. Тогда простой индикатор будет иметь вид

$$C_i/M_i = \alpha_i(M_i - F_i)/M_i, \qquad (3)$$

где C_i – измеренная концентрация загрязняющего вещества (ЗВ); i – номер ЗВ; M_i – значение концентрации конкретного ЗВ, приводящее к угнетению человеческого организма и потере им трудоспособности; F_i – фоновое значение конкретного ЗВ (в приведенном примере в качестве F_i взято значение ПДК). Безразмерный коэффициент α_i

назван коэффициентом экологической опасности. Область значений концентраций ЗВ, лежащих между фоновыми значениями и ПДК, назовем безопасной зоной. Значения концентраций ЗВ в диапазоне разности $(M_i - F_i)$ назовем опасной зоной концентраций ЗВ. Безразмерный коэффициент α_i показывает, какую часть опасной зоны составляет отношение фактической концентрации к ПДК.

Величина $\beta_i = 1/\alpha_i$ может быть интерпретирована как экологический индикатор, так как она удовлетворяет сформулированным выше свойствам. По своему численному значению экологический индикатор может быть и меньше, и больше единицы. Из формулы (3) следует, что

$$\beta_i = (M_i - F_i)/M_i C_i. \qquad (4)$$

Экологический индикатор в формуле (4), как видно из его построения, является простым. Для построения агрегированного экологического индикатора необходимо воспользоваться соотношением (модель аддитивной опасности):

$$1/\beta_{agr} = 1/\beta_1 + 1/\beta_2 + \ldots + 1/\beta_n, \qquad (5)$$

в котором n – число ЗВ, подлежащих контролю.

Таким образом, обратное значение агрегированного экологического индикатора равно сумме обратных значений простых экологических индикаторов. Построенный таким образом агрегированный экологический индикатор обладает высокой чувствительностью. Результаты расчета приведены в таблице.

Исходные данные и результаты расчета простого экологического индикатора и индикатора качества атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге

Вещество	ПДК (F_i), мг/м^3	M_i, мг/м^3	n	β_i
CO_2	0,05	0,5	10	0,4
CO	3,0	5,0	2	0,2
NO_2	0,04	2,0	50	0,5
O_3	0,03	0,16	5	0,3
Соединения свинца	0,0003	0,01	33	2,0
Пыль	0,05	2,0	15	3,0

Примечание. Обобщенный индикатор $\beta_{об} = 0{,}15$. В качестве исходных взяты данные по выбросу загрязняющих веществ более чем 129 тыс. источников, расположенных в Санкт-Петербурге.

На основании полученных результатов по формуле (1) был вычислен индекс качества, а по формуле (2) экологический риск. Индекс качества (ИК) равен 0,33, а экологический риск 0,67, что отражает низкое качество атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге. Напомним, что максимальное значение ИК равно единице, а экологического риска – нулю. Уместно отметить, что приведенный результат неплохо коррелирует с другими оценками, полученными на основе иных подходов.

Таким образом, наиболее перспективными показателями качества окружающей среды, позволяющими удобно и эффективно работать с управленческими структурами, является метод, основанный на экологических индикаторах и индексах, и метод байесовских информационных технологий в симбиозе с методами экспертных оценок и методами, использующими специальные экологические показатели.