

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

В.В. Фалько

Сумский государственный университет

В статье по литературным источникам проведен анализ состояния вопроса по проблеме оценки экологического риска, вызванного загрязнением атмосферы. Показана целесообразность и актуальность решения новой проблемы – прогнозной оценки составляющей экологического риска для человека от загрязнения атмосферного воздуха.

Современное общество все больше сталкивается с необходимостью обеспечения безопасности и защиты человека совместно с окружающей средой от природного и антропогенного воздействия. Для решения этих проблем и служит новое направление знаний – оценка экологического риска.

Проблема экологического риска стала особенно актуальной после публикации доклада «Наше общее будущее» (1987)[1], в котором комиссия ООН подняла проблемы окружающей среды и впервые прозвучало понятие «устойчивое развитие». Материалы и выводы комиссии инициировали принятие всемирной программы действий «Повестка дня на XXI век», принятой руководителями большинства стран мира на конференции по проблемам планеты Земля в Рио-де-Жанейро в 1992 г.

Украина присоединилась к этой программе. Взятый Украиной курс устойчивого развития с рыночной экономикой и высоким уровнем жизни и безопасности граждан предусматривает проведение жизненно важных реформ. При этом одним из приоритетных становятся направления экологической безопасности, к которой относится проблема оценки экологического риска. Здесь должно быть научно обосновано согласование экологических, экономических, технических наук и прогнозирование состояние окружающей среды [2].

Экологический риск связан с возникающей возможностью нарушения норм жизни живой природы (биологической системы) и нарушения состояния неживой природы.

Исследованиям по риску различной природы посвящено большое количество публикаций [3-33]. Нас будет интересовать прогнозная составляющая экологического риска в биологической системе, обусловленная антропогенным воздействием и конкретизированная для человека. Более того, из всех видов этой составляющей мы сосредоточим внимание на рассмотрении оценки экологического риска, связанной с прогнозированием загрязнения атмосферного воздуха. Такая задача возникает при разработке материалов оценки влияния на окружающую среду в проектах строительства предприятий, зданий и сооружений [34], однако в настоящее время методика ее решения отсутствует.

Анализ материалов [3-33] показывает, что в настоящее время понятие «риск» не имеет однозначного определения. Выделяются две трактовки понятия риска как количественной меры опасности: риск – вероятность появления неблагоприятного события [8-11]; риск – максимальный ущерб, нанесенный событием (количественная оценка) [14]. Но однозначно все авторы связывают риск с отрицательными показателями как в природе, так и в обществе, которые несут опасность человеку или природе.

Так как ущерб является следствием появления риска, то целесообразно придерживаться первого определения. Кроме этого, для ущербов различной природы возникают трудности в их численной оценке с использованием единой меры степени ущерба. Для ряда видов ущерба, таких, как нанесения вреда здоровью человека, трудно (или невозможно) сделать сравнительную оценку с другими материальными видами ущерба. Различие ущербов также порождает введение множества определений рисков, обусловленного видом возникающего ущерба.

Действительно, классификация и краткий обзор количественных методов оценки риска, приведенная в [14], показывает, что по характеру наносимого ущерба риск делят на: экономический, экологический, индивидуальный, техногенный и социальный.

По уровню опасности величины риска составляют: неприемлемый – уровень риска $>10^{-6}$; приемлемый – уровень риска 10^{-6} – 10^{-8} ; безусловно приемлемый – уровень риска $<10^{-8}$. Такие уровни риска установлены исходя из возможности летального исхода для человека. В других случаях они, по - видимому, существенно выше.

Практика реализации медико-экологических инициатив в области охраны окружающей среды предполагает учет двух типов риска [12,15]:

– риск загрязнения (экологический риск) – вероятностное загрязнение окружающей среды в результате плановой или аварийной деятельности промышленных предприятий;

– риск для здоровья – вероятность развития у населения неблагоприятных психофизиологических состояний в результате реального или потенциального загрязнения окружающей среды.

Анализ литературных источников также показал, что в настоящее время идет активная дискуссия о понятии экологического риска и его классификации. На сегодняшний день нет однозначного определения как понятия экологического риска, так и общепризнанных критериев его оценки. Основная трудность связана, прежде всего, с тем, что постоянно выявляются новые факторы риска, новые слабо изученные источники загрязнения, новые знания по механизму их воздействия.

В связи с этим в литературе, кроме указанных выше понятий, встречается значительное количество определений термина «экологический риск» [9, 16–18].

На наш взгляд, придерживаясь концепции «устойчивого развития», можно дать следующее определение этого понятия: экологический риск – это вероятность превышения природным и антропогенным воздействием норм существования живого и неживого, сложившихся в процессе эволюционного развития на Земле и характеризующих устойчивое развитие.

Разнообразие понятия «экологический риск» создает трудности в создании методологии оценки этого риска.

В последние годы становится все больше работ, посвященных оценке экологического риска [3–6,8,13,14,21–33].

Оценка экологического риска строится на фундаментальных исследованиях и их анализе (естественно-научном или инженерном) с учетом источников и факторов риска, конкретных экологических условий, путем выявления загрязняющих веществ и механизмов их воздействия.

Считается, что оценка экологического риска – процедура определения вероятности (частоты) реализации и (или) размеров неблагоприятных экологических последствий, включающая установление (идентификацию) и прогнозирование развития во времени-пространстве экологической опасности (экологических опасностей), оценку уязвимости или чувствительности поражаемого объекта для данной опасности и возможных при этом потерь.

Авторы в [13] считают, что оценка риска требует решения следующих задач:

- развития методов анализа техногенной и экологической опасности производств с целью обеспечения их безопасности на всех этапах жизненного цикла;

- разработки методов, моделей, алгоритмов и методик анализа и оценки риска на стадиях проектирования и функционирования.

По их мнению анализ техногенной опасности требует решения таких задач:

- анализа и оценки экологического риска производств в режиме нормального функционирования и в случае аварии;

- разработки методов и моделей прогнозирования неблагоприятного воздействия производств в режиме нормального функционирования.

Оценка риска направлена на идентификацию и количественное выражение рисков, являющихся следствием создания и эксплуатации объектов. Основным результатом должны быть количественные значения последствий. Затем необходим анализ рисков, который имеет своей целью сравнение количественных величин рисков. На основе этого управление риском предусматривает перевод аналитических результатов оценки риска в организационно-технические решения.

В [8] на основании обобщения российских и зарубежных подходов и разработок в области оценки риска предложены сравнительные методы риск-анализа как процесса идентификации опасностей и оценки риска для отдельных лиц или групп населения, имущества или окружающей среды. Они базируются на концепции «приемлемого риска», позволяющей использовать принцип «предвидеть и предупредить». Математическое определение риска характерно для непредвиденных чрезвычайных (аварийных) ситуаций (ЧС) и характеризуется математическим ожиданием ущерба или потерь. Так риск для населения определяется по формуле

$$R = M[N] = P \iint_{S_1} \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \Psi(x, y) f(x, y, \Phi) d\Phi dx dy,$$

где P – вероятность аварии или ЧС, в результате которой возникает поражающий фактор, характеризуемый параметром Φ (например, избыточное давление на фронте ударной волны, токсодоза и т.д.);

S_1 – область интегрирования (например, территория города); $\Phi_{\min} - \Phi_{\max}$ – соответственно минимально и максимально возможное значение параметра поражающего фактора; $P(\Phi)$ – вероятность поражения людей в зависимости от Φ или параметра (часто задается в виде функции нормального распределения от пробит-функции параметра Φ);

$\Psi(x, y)$ – плотность населения в пределах рассматриваемой площадки с координатами (x, y) .

По сути дела, здесь есть возможность упростить предлагаемую процедуру оценки риска, разделив ее на два этапа:

- определение вероятностей неблагоприятных исходов P_i ;

- определение ущерба Y_i при соответствующих неблагоприятных исходах.

На первом этапе нашло применение теория надежности сложных технических систем [36-41].

При определении рисков для здоровья населения от канцерогенных и неканцерогенных вредных веществ применяются модели и формулы для

расчета количеств (концентраций) вредных веществ, поступающих в организм человека по различным сценариям (путям поступления и условиям воздействия). При формировании сценариев используются следующие данные:

- характеристики источников вредных веществ и метеорологические условия (используются при расчете полей концентраций вредных веществ в приземном слое);
- характеристики населения и отдельных групп населения (масса тела, возраст, средняя продолжительность жизни, различие в рационе питания и образе жизни, специфика уязвимых групп населения);
- информация о путях поступления вредных веществ в организм человека (ингаляционно, перорально, через кожу).

Среди методик распространения загрязнений при ЧС можно выделить использующую для определения зоны поражения методику [20].

В соответствии с этой методикой глубина зоны заражения Γ является функцией четырех переменных:

$$\Gamma = \Gamma(\alpha, v, q, c),$$

где α – направление ветра; v – скорость ветра; q – доля пораженных среди населения, оказавшегося в зоне заражения; c – признак наличия или отсутствия облачности.

Задача оценки потенциального территориального риска сводится к двум этапам:

- оценке вероятности для любой точки территории оказаться под действием ядовитого облака;
- оценке распределения вероятности ущерба (число или доля пораженных).

В общем случае для точки, находящейся на удалении r от эпицентра аварии, вероятность $P(r)$ (т.е. условный территориальный риск) оказаться в зоне заражения определяется как

$$P(r) = \sum_i p(\Gamma_i \geq r).$$

Потенциальный территориальный риск $RI(r)$ как вероятная доля населения, которая подвергается поражению ядовитым облаком в точке, находящейся с подветренной стороны на удалении r от эпицентра аварии, рассчитывается по формуле

$$RI(r) = \sum_i p[\Pi_i] q_i,$$

где $p[\Pi_i]$ – вероятность реализации погодного состояния Π_i ; q_i – доля пораженных среди населения, оказавшегося в зоне поражения; Γ_i – глубина зоны заражения; r – расстояние от рассматриваемой точки до эпицентра аварии.

При этом суммирование ведется для всех i , для которых $\Gamma_i \geq r$.

При оценке риска токсических эффектов используют понятие заболеваемости (Z). Риск рассматривают как дополнительную заболеваемость, связанную с поступлением в организм экотоксикантов:

$$Z = a + bR_s,$$

где a – фоновая заболеваемость, 1/год; b – коэффициент пропорциональности;

R_3 – риск заболевания, 1/год.

Недостаток этих методов заключается в том, что они рассматривают только аварийные ситуации.

Для оценки риска острой токсичности использована модель индивидуальных порогов действия. Применительно к загрязнению атмосферы эта модель в общем виде может быть описана формулой

$$RI_3 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a+b \lg C} \exp\left(-\frac{\tau^2}{2}\right) d\tau,$$

где a и b – параметры, зависящие от токсикологических свойств вещества;

C – концентрация токсиканта в атмосфере; τ – параметр интегрирования.

Для описания риска R_3 хронической интоксикации, связанной с загрязнением атмосферы, в [8] используется модель

$$R_3 = 1 - \exp\left[-0,174 \left(\frac{C}{\text{ПДК}_{\text{cc}} K_3}\right)^\beta t\right],$$

где ПДК_{cc} – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. Параметры β и K_3 задаются таблично для времени экспозиции 25 лет в зависимости от опасности загрязняющих веществ.

Недостатком рассмотренного представления риска острого заболевания, на наш взгляд, является тот факт, что в качестве норматива используется ПДК_{cc} , характеризующая крайний уровень, при котором отсутствует влияние загрязнения атмосферного воздуха на человека. Для этого, по-видимому, целесообразно использовать норматив RfCs , принятый в США (концентрация, оказывающая субхроническое воздействие при ингаляции)[14]. Действительно, в соответствии с приведенной выше зависимостью риска R_3 при концентрациях, больших ПДК_{cc} , уже существует отличный от нуля риск, хотя при этом по определению ПДК_{cc} должно отсутствовать даже влияние загрязнения на человека. Кроме этого, не учитывается случайный характер концентрации C .

В материалах [14] кратко охарактеризован ряд систем оценки риска, которые далее использованы нами для анализа методов оценки.

Метод оценки риска АОС (США) [14]. Основными принципами этого метода являются:

1) принцип порогости распространяется на все виды неканцерогенного воздействия, при этом нормирование загрязнения осуществляется со следующими нормативами (для атмосферного воздуха):

REL-Cal/EPA – рекомендованный уровень воздействия;

RfCc – концентрация, оказывающая хроническое воздействие при ингаляции;

RfCs – концентрация, оказывающая субхроническое воздействие при ингаляции;

2) канцерогенные эффекты оцениваются по беспороговому принципу, при этом нормирование осуществляется по уровню приемлемого риска. Сам же риск представляет собой вероятность заболеваний раком при воздействии оцениваемого загрязняющего вещества. Для расчета этого риска используются следующие величины:

Sfi – угол наклона канцерогенности при ингаляции;

URfi – единичный фактор риска при ингаляции;

3) возможна оценка риска комплексного и комбинированного действия.

Суть оценки для канцерогенного риска состоит в следующем:

– определяется доза загрязняющего вещества на 1 кг веса человека за сутки

$$D_a = C \cdot \frac{V}{G},$$

где C – концентрация загрязняющего вещества; $V = 22\text{м}^3$ – средний объем ежедневно вдыхаемого воздуха; $G = 70\text{кг}$ – средняя масса человека;

– определяется канцерогенный риск

$$R = D_a \cdot q,$$

где $q \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{день}}{\text{мг}} \right]$ – нормированная удельная величина для расчета

канцерогенного риска.

Недостаток метода оценки риска неканцерогенного воздействия состоит в том, что в нем не рассматривается норматив, действующий в Украине – максимальные разовые ПДК, соответствующие по рекомендациям ВОЗ уровню загрязнения, при котором отсутствует влияние загрязнения на человека.

Нормативы RfCs, RfCs существенно выше, чем ПДК_{мр}, и предполагают наличие уровня загрязнения атмосферы, вызывающего хронические и острые заболевания человека, что по нормативу ПДК_{мр} недопустимо.

При канцерогенном воздействии учитывается влияние его в среднем и не учитывается возможный случайный разброс входящих в формулы оценки величин.

Поэтому такая оценка не является гарантированной.

Система ПДК. Примером использования этой системы может быть оценка загрязнения атмосферного воздуха. Если содержание загрязняющих веществ не превышает среднесуточные предельно допустимые концентрации, то считается, что риск неблагоприятных для здоровья эффектов отсутствует. В том случае, когда нормативы превышены, вычисляется индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) по уравнению

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_{CC}^i} \right)^{a_i},$$

где C_i – концентрация i -го вещества, мг/м³; a_i – коэффициент; ПДК_{CC}^i – среднесуточная ПДК i -го вещества, мг/м³.

Далее рассчитывается риск R воздействия вещества на человека

$$R = 1 - \exp(\ln 0,84 \cdot \frac{\text{ИЗА}}{K_3}),$$

где K_3 – коэффициент запаса.

Недостатком этого подхода является то, что так как рассматриваются $C_{\text{ПДК}_{CC}^i}$ и C_i среднесуточные, то для краткосрочного прогноза применение его исключено. В приведенных формулах коэффициенты a_i и K_3 во

многим определяют величину риска R , но, надо полагать, неадекватно отображают совместное влияние среднесуточных концентраций C_{CC} хотя бы потому, что явно не отражают их стохастический характер и корреляционную связь между концентрациями различных загрязняющих веществ.

Кроме этого, как показывают априорные данные и данные измерений, в течение длительного времени концентрации загрязняющих веществ изменяются как случайный процесс. В связи с этим подход к оценке рассматриваемого риска должен быть явно стохастическим и базироваться на определении вероятности выхода (выбросов) случайного процесса $C_i(t)$ за пределы $C_{ПДК_{CC}^i}$ [36].

Методы оценки риска, основанные на принципах гигиенического регламентирования вредных факторов окружающей среды (ОС). Здесь предлагается определять риск немедленного воздействия, который оценивается по моделям с использованием максимальных разовых предельно допустимых концентраций (ПДК_{мр}). При этом в качестве эффекта оценивается не только риск появления заболевания, но и вероятность рефлекторных реакций (ощущение раздражения, неприятный запах и т.д.) или эффекта психологического дискомфорта, что соответствует превышению максимальной разовой предельно допустимой концентрации.

При этом используется беспороговая модель интенсивности нарастания тех или иных эффектов при увеличении уровня воздействия, а норматив определяется как вероятная величина. Так для ПДК_{мр} используют следующую зависимость:

$$ПДК_{МР} = \frac{ЕС_{16}}{K_3},$$

где $ЕС_{16}$ - концентрация, принятая за пороговую при однократном воздействии и вызывающая токсический эффект (острое заболевание) с вероятностью 16%; K_3 - коэффициент запаса.

Для математического ожидания зависимости «концентрация – эффект» используется линейная функция

$$Y = a + bx$$

при условии, что x (отношение концентрации к ПДК_{мр}) выражается в логарифмах, а эффект Y является переменной (верхний предел интегрирования) в одномерной нормальной функции распределения

$$R = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Y \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt,$$

или выражается в «пробитах» (Prob).

Величина R и характеризует риск появления заболевания (немедленного воздействия).

Функция Y задается в зависимости от класса опасности i загрязняющего вещества.

$$Pr ob_i = a_i + b_i \lg \left(\frac{C_i}{ПДК_{МРi}} \right), i = 1, 2, 3, 4.$$

Сравнительно полно используемые методы и алгоритмы оценки экологического риска рассмотрены в [3-5]. В основу их во многом положена методология оценки риска воздействия химических веществ на

состояние здоровья населения, используемая в США с 80-х годов прошлого столетия. На сегодняшний день эта методология широко применяется в большинстве развитых стран мира и рекомендована Всемирной организацией здоровья (ВОЗ) в качестве ведущего инструмента при определении качественного ущерба здоровью человека от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды [3].

Здесь рассмотрены вопросы оценки риска от систематического (при нормальном функционировании объектов) и аварийного загрязнения атмосферы в исследуемом регионе. Излагаются методы и алгоритмы оценки риска в результате воздействия промышленных предприятий города, проводится сравнительный анализ наиболее неблагоприятных воздействий с целью выдачи рекомендаций по снижению риска для здоровья населения от выбросов токсических веществ.

В основу оценки риска для здоровья положена зависимость «доза – эффект», отражающая количественную связь между уровнем воздействия и возникающими в результате этого вредными эффектами в состоянии здоровья (собственно ответ или реакция) вплоть до летального исхода [6]. Выделяют два основных типа вредных эффектов: канцерогенный и неканцерогенный. Канцерогенные – вызывающие раковые заболевания. Неканцерогенные – вызывающие остальные неблагоприятные изменения в состоянии здоровья, в частности повышение уровней заболеваемости и смертности, которые могут быть обусловлены как кратковременным (острым), так и длительным (хроническим) воздействием. Например, для эффектов индуцирования злокачественных новообразований зависимость «доза – эффект» может быть представлена следующим выражением :

$$A(D) = (a_0 + a_1 D + a_2 D^2) \cdot (-A_1 D - A D^2),$$

где a_0, a_1, a_2, A_1, A_2 – параметры; D – доза для всего организма (или определенного органа); $A(D)$ – дополнительная частота возникновения раковых заболеваний (или их специфических форм, характерных для данного органа).

Авторы [3] при рассмотрении аварийных ситуаций выделяют индивидуальный риск, коллективный риск, социальный риск, потенциальный территориальный риск. Каждому сценарию аварии приписываются своя частота реализации $\left(\lambda, \frac{1}{200}\right)$ и вероятностная зона

поражения $(P(x, y))$, которая рассчитывается исходя из физических процессов протекания аварий и характеристики негативного воздействия на человека или другие субъекты воздействия. Для получения поля потенциального территориального риска $R(x, y)$ проводится суммирование всех вероятностных зон поражения с учетом частоты их реализации на рассматриваемой территории

$$R(x, y) = \sum_1^j \lambda_j P_j(x, y).$$

Для оценки риска, по их мнению, необходимо построить среднегодовое распределение персонала или населения $N(x, y)$ на рассматриваемой территории S . Тогда коллективный риск определяется как

$$F = \int_S N(x, y) \cdot R(x, y) dS.$$

Для определения среднего показателя индивидуального риска для субъектов воздействия (N) из всех субъектов выделяют только ту часть (N_q), которая подвергается риску:

$$N_q = \int_S N(x, y) dS, N(x, y) \in R(x, y) > 0.$$

Средний индивидуальный риск оценивается как

$$R_{\text{инд}} = F / N_q.$$

Показатели индивидуального риска определяются исходя из частоты реализации λ и вероятностной зоны поражения $P(x, y)$ для каждого сценария аварии с учетом распределения субъектов $N(x, y)$ на рассматриваемой территории.

Количество пострадавших при конкретном сценарии аварии рассчитывается по формуле

$$N_* = \int_S N(x, y) \cdot P(x, y) dS,$$

а частота этого события есть λ .

Для прогноза распределения концентраций токсиканта вокруг источника из многочисленного числа моделей [7] используют простейшую модель Гаусса определения концентрации от точечного источника выбросов

$$C(x, y, z, t) = \frac{f(A)Q_*}{2\pi\sigma_y\sigma_xU} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right],$$

где Q_* – мощность источника, кг/с; σ_y, σ_z – дисперсионные параметры, зависящие от устойчивости атмосферы и расстояния от источника x , м; U – скорость ветра, м/с; H – высота источника, м; x, y, z – осевая, поперечная и вертикальная координаты, м; $f(A)$ – доля примеси в слое перемешивания (A – высота слоя перемешивания).

На базе этого построен обобщенный алгоритм расчета вероятности гибели людей (риска) при возникновении выбросов токсикантов. Алгоритм в наиболее общем виде учитывает влияние определяющих технологических и климатических факторов, принимающих случайные значения в пределах соответствующих характерных диапазонов изменения. Он определяет поле потенциального риска, изолинии которого есть уровни равного риска.

При оценке риска для региона в процедуре анализа риска выделяют четыре этапа.

1-й этап. Идентификация опасности. Здесь проводится обобщение всей доступной информации по региону источников загрязнений и их природы, формулируется цель оценки, задачи и определяется схема последующего анализа и характеристики риска.

2-й этап. Оценка воздействующих доз. На втором этапе проводится оценка воздействия (экспозиция) – контакт организма (рецептора) с химическим, физическим и биологическим воздействием. Оценка воздействия базируется на прямых и не прямых (косвенных) методах исследования, включающих непосредственное измерение образцов проб в

разных средах, персональный мониторинг загрязнителей в зоне дыхания, использование биологических маркеров, опросников и т.п., а также на основе полученных данных с помощью математического моделирования при прогнозной оценке.

3-й этап. Оценка зависимости «доза-эффект». На этом этапе определяется количественная связь между уровнем воздействия и возникающими в результате этого вредными эффектами в состоянии здоровья.

4-й этап. Характеристика риска. Этот этап – завершающая часть оценки риска и начальная фаза управления риском. На этом этапе интегрируются все данные, полученные в процессе идентификации опасности, оценка зависимости «доза-ответ» и оценки экспозиции; проводится совокупный анализ степени надежности полученных данных; описываются риски для отдельных факторов и их сочетаний, а также характеризуется вероятность и тяжесть возможных эффектов на здоровье человека.

Оценка экологического риска от систематического загрязнения атмосферы включает следующие этапы [3].

Сначала производится выбор приоритетных источников и вредных веществ для последующей оценки риска по величине показателя «взвешенный экспозиционный вес» (ВЭВ), определяемый в следующем виде:

$$\text{ВЭВ} = \text{Эмиссия} \cdot \text{Токсичность} \cdot \text{Популяция} \cdot \text{Экспозиция}.$$

Здесь Эмиссия – количество выбрасываемого вредного вещества, (т/год, или баллов); Токсичность, (баллов) устанавливается на основе тяжести влияния на здоровье; Популяция – количество населения, подвергающегося воздействию (численность, или баллы). Экспозиция (воздействие) – тип, частота и уровень контакта организма (рецептора) с химическим, физическим и биологическим объектом (баллов). Затем производится характеристика и анализ данных по плотности населения. С этой целью рассматриваемая территория разбивается на микрорайоны, имеющие свое географическое положение и количество населения, на основании которых определяется плотность населения. Определяются климатические данные территории и, в частности, повторяемость направления ветра и штилей, а также распределение по грациям скоростей ветра, %. Далее строятся вероятностные поля превышения концентрациями загрязняющих веществ максимально разового уровня концентраций, соответствующего ПДК_{мр} для населенных мест вне санитарно-защитной зоны.

При этом учитывается различие метеорологических условий и считается, что на рассматриваемой территории будут выявлены существующие зоны негативного влияния (превышения ПДК_{мр}) и получено распределение вероятности наблюдения этого явления. Рассчитывается поступление химических веществ по формулам, учитывающим воздействующие концентрации, величину контакта, частоту и продолжительность воздействия, массу тела и время осреднения экспозиции.

Аналогичный подход рассмотрен в работах [32,33]. Отличительная особенность здесь состоит в том, что связь в системе «риск – опасность» строится с использованием термодинамического подхода, а характеристики поля загрязняющих веществ получены на основании данных измерений.

Анализ рассмотренных методов оценки экологического риска при загрязнении атмосферного воздуха показывает:

– как для аварийных ситуаций, так и при нормальном функционировании объектов методики предполагают наличие «зон поражения» в местах проживания людей;

– в «зонах поражения» образуется превышение тех или иных нормативных показателей, в частности максимально разовой ПДК_{мр} для населенных мест;

– в «зонах поражения» образуется риск заболевания населения или даже смертельных исходов.

Следует подчеркнуть, что в ОНД-86 [42] предотвращение образования «зон ущерба» достигается тем, что вне санитарной защитной зоны в наихудших метеорологических условиях не допускается превышение максимальной разовой предельно допустимой концентрации (С_{ПДК_{мр}}) в течение 20–30 минут.

В [3] вместо рассмотрения такой вероятности превышения С_{ПДК_{мр}} (условной вероятности [38]) вводят полную вероятность превышения концентрациями величины С_{ПДК_{мр}}. При этом плотность распределения метеорологических факторов берут для промежутков времени существенно больших, чем 20–30 мин. Это сводит к нулю величину вероятности превышения концентрациями загрязняющих веществ величины С_{ПДК_{мр}}, ликвидируя возможную опасность от загрязнения атмосферы.

Поэтому рассмотренные методики могут применяться в тех случаях, когда существующие нормы антропогенного воздействия нарушены, т.е. нарушены требования устойчивого развития на рассматриваемой территории.

В соответствии с принятыми в Украине нормативами это может быть в случаях непредвиденных аварийных ситуациях. В остальных случаях уже на этапе проектирования должны быть приняты способы и мероприятия по уменьшению воздействия, гарантирующие отсутствие уровней загрязнения, при которых могут возникнуть хронические или острые заболевания.

В этих случаях в соответствии с рассмотренными методиками можно оценить ущерб от нарушения нормативов, согласно с действующим законодательством принять соответствующие меры и выработать мероприятия по ликвидации обнаруженных нарушений. Этим определяется, по нашему мнению, область применения проанализированных методик. Для задачи прогнозной оценки экологического риска, в которой образование «зон поражения» в соответствии с действующими в Украине нормативными документами по загрязнению атмосферного воздуха (ОНД-86 [42]) не допускается, постановка задачи, разработка математической модели, методов и алгоритмов решения задачи отсутствуют.

Таким образом, проведенный анализ литературных источников показал целесообразность и актуальность решения новой проблемы – прогнозной оценки составляющей экологического риска для человека от загрязнения атмосферного воздуха в соответствии с действующими на Украине нормативами, обеспечение которых гарантирует с высокой надежностью отсутствие влияния загрязнений на человека.

В публикациях автора или с участием автора [44–52] приведены материалы по решению одной из задач этой проблемы – прогнозной оценки для человека составляющей экологического риска от точечного источника выбросов химических загрязняющих веществ и пыли.

SUMMARY

The problem of estimation of ecological risk was investigated in publications. Some problems are requiring the decisions.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наше общее будущее :Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) / Пер.с англ / Под ред. и послесловием С.А.Евтеева, Р.А.Перелета. - М.:Прогресс,1989.-376с.
2. Про охорону навколишнього природного середовища. Закон УРСР від 25 червня 1991р. // Право України. – 1992. - №1. – С. 55-78.
3. Швыряев А.А., Меньшиков В.В. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе. Учебное пособие для вузов. - М: Изд-во МГУ,2004.-124с.
4. Меньшиков В.В.,Швыряев А.А. Опасные химические процессы и техногенный риск: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГУ,2003.-86с.
5. Мартынюк В.Ф.,Пусенко Б.Е. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях.- М.: ФГУП; Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.Н.Губкина,2003.-96с.
6. Методические рекомендации по анализу и управлению риском воздействия на здоровье населения вредных факторов окружающей среды // А.А. Быкови др.- М.: Анкил,1999. -36с.
7. Бызова Н.Л., Гагер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчета рассеяния примесей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. -236с.
8. Алымов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск. Анализ и оценка.-Москва:ИКЦ «Академкнига»,2005.-118с.
9. Ваганов П.А., Ман-Сунг.Им. Экологический риск: Учебное пособие.-СПб.: Изд-во С.-Пб. университета,2001.-116с.
10. Колодкин В.М.,Мурина А.В.,Петрова А.К.,Горский В.Г. Количественная оценка риска химических аварий. - Ижевск:Изд-во УдГУ,2001.-226с.
11. http://www.ibk.ru/insurance1/ekologicheskie_riski_6689/
12. Сынзыныс Б.И., Тянтова Е.Н., Мелехова О.П.Экологический риск.-М.: Логос,-2005.-166с.
13. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В. Системный анализ, оценка риска и управление безопасностью производств химической и смежной отраслей промышленности // Химическая технология.-2002.- №10.-С.14-22.
14. Хурнова Л.М., Мамина Д.Х. Экологическое аудирование управления рисками: Учебн.пособие.- Пенза:ИГАСА,2003.-100с.
15. Рахманин Ю.А.Экология человека:Современные проблемы и пути их решения.//Устойчивое развитие.Наука и практика.- 2003. – №3. – С.117 – 126.
16. Рагозин А.Л. Общие положения оценки и управления природным риском // Геоэкология.-1999.- №5.-С.41-42.
17. Кондратьева Л.М. Введение в экологию.Учебн.пособие.-Хабаровск:Изд-во ДВГУПС,2005.-163с.
18. Хоружая Т.А .Оценка экологической опасности. Обеспечение безопасности. Методы оценки рисков.Мониторинг.- М.:Книга-сервис,2002.-208с.
19. Башкин В.Н.Управление экологическим риском. -М.:Изд-во “Научный мир”, 2005.-368с.
20. Методика прогнозирования масштабов заражения сильно действующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. – М.: Госкомгидромет, 1990.- 420с.
21. Колодкин В.М.Оценка уровня экологической безопасности технологического объекта//Экология и промышленность России.-2002,№9.-С.37-41.
22. Иванов А.И., Румянцева Н.А. Классическая задача оценки риска и науки о Земле // Обзор.информ. ВИНТИ.Сер.Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2003. – №7. – С.49-55.
23. Мирцхулова Ц.Е.Проблемы геоэкологии:количественная оценка состояния и риска опасностей географических систем, их устойчивого развития // Инженерная экология. – 2003. – №1. – С.25-35.
24. Петров С.Б. Оценка экологических рисков в управлении отходами в республике Татарстан // Обзор. информ. ВИНТИ.Сер.Экономика природопользования. – 2002. – №5. – С.72-85.
25. Тихомиров Н.П., Тихомирова М. Эколого-экономические риски, методы определения и анализа // Обзор.информ. ВИНТИ.Сер.Экономика природопользования. – 2001. – №6. – С.2-107.
26. Страхова Н.А., Филимонов А.В.Идентификация факторов эколого-экономического риска в рамках процедуры ОВОС // Обзор.информ. ВИНТИ.Сер.Экологическая экспертиза. – 2003. – №1. – С.2-14.
27. Захарова Ю.В. Основные подходы к оценке риска загрязнения некоторых компонентов окружающей среды //Обзор.информ. ВИНТИ.Сер.Экологическая экспертиза.-2003.- №1.- С.18- 28.
28. Акимов В.А., Радаев Н.Н. Методический аппарат исследования природного и техногенного рисков//Безопасность жизнедеятельности.-2001.-№2.-С.34-38
29. Денисов В.Н., Роголев. К.А. Проблемы экологизации автомобильного транспорта. – СПб.: МАНЭБ, 2004.-240с.
30. Осипов В.А.Особенности экологического риска и критерии его оценки // Исследования эколого- географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика.- Нижневартовск:НГПИ, ХМРОРАЕН,ИОАСОРАН, 2000. - С.29-32.
31. Колодкин В. Создание системы экологического мониторинга в зоне антропогенных воздействий от объектов химко-технологического профиля // Химическая промышленность.-2002. – №11.- С.27-30

32. Аверин Г.В., Звягинцева А.В. Математические модели опасности и риска в теории техногенной безопасности // Вісник Донецького університету Сер. Природні науки.- 2005. – №2.-С.296-302.
33. Аверин Г.В., Звягинцева А.В. Функциональный анализ связей в системе «риск – опасность» и использование термодинамического подхода в теории безопасности // Математичне моделювання.- 2005. – №2(14). – С.74-76.
34. ДБН А.2.2.-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. – К.: Держкомбударх, Мінекобезпеки України, 2003. – 19 с.
35. Національна доповідь про стан природного середовища в Україні // [http://mail.menr.gov.ua/publ/regoblo2/dpsir/main.htm\(02.02.05\)](http://mail.menr.gov.ua/publ/regoblo2/dpsir/main.htm(02.02.05)).
36. Надёжность технических систем: Монография / Е. Переверзев, А. Алпатов, Ю. Даниев, П. Новак. – Днепропетровск: Пороги, 2002. – 396 с.
37. Кахур К., Лимберсон Л. Надёжность и проектирование систем. – М.: Мир, 1980.- 604 с.
38. Надёжность в технике. Научно-технические, экономические и правовые аспекты надёжности: Методическое пособие / Под ред. В.В.Болотина. – М.: МНТК, „Надёжность машин”, 1993.- 253 с.
39. Тимашев С.А. Надёжность больших механических систем. – М.: Наука, 1982. – 184 с.
40. Хенпи Э.Дж., Кумamoto Х. Надёжность технических систем и оценка риска. – М.: Машиностроение. – 518 с.
41. Червонный А.А., Лукьященко В.И., Котин Л.В. Надёжность сложных систем. – М.: Сов. радио, 1972. – 304 с.
42. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 94 с.
43. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов, 6-е изд. – М.: Высш.школа, 1998. – 576 с.
44. Фалько В.В., Долодаренко В.А. Задача оценки для человека составляющей экологического риска от точечного источника выбросов // Вестник Сумского государственного университета.- 2006.- №5(89) .-С.138-142.
45. Применение методов системного анализа, аэродинамики приземного слоя и теории надёжности для оценки экологического риска / В.В.Фалько, А.В. Артамонова, В.А. Долодаренко и др. // Екологія і природокористування. – 2003. - №6. – С. 194-199.
46. Фалько В.В., Артамонова А.В., Долодаренко В.А. и др. Разработка стохастической математической модели загрязнений атмосферного воздуха с использованием метода статистических испытаний и ее применение для оценки экологического риска. // Екологія і природокористування. – 2003. – №5. – С.231-236.
47. Фалько В.В., Долодаренко В.А., Полищук С.З. Стохастический подход к установлению предельно допустимых концентраций загрязнения атмосферы для растений // Збірник тез III міжнародної науково-практичної конференції „Економічні проблеми виробництва та споживання екологічно чистої агропромислової продукції” (ЕП-2003). – Суми: ВАТ „СОД”, Видавництво „Козацький вал”, 2003. – 216 с.
48. Фалько В.В., Артамонова А.В., Долодаренко В.А. Аналитический анализ в задаче оценки экологического риска влияния малых отклонений ветра на плотность распределения // Материалы IV Международного симпозиума «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке». – Днепропетровск: Южно-Украинское отделение МАНЭБ, Всеукраинский научно-технический журнал «Технополис». – 2004. – С.89-90.
49. Фалько В.В., Артамонова А.В. Уточнение при оценке экологического риска влияния малых случайных отклонений направления ветра на распределение концентраций загрязняющих атмосферный воздух веществ // Вестник Сумского государственного университета. – 2004. – №13. – С.92-99.
50. Фалько В.В., Артамонова А.В., Долодаренко В.А., Чернобровкина Н.А. Анализ случайного разброса прямо пропорционально влияющих факторов на рассеивание концентраций загрязняющих веществ и экологический риск для точечного источника выбросов в атмосферу // Матеріали IV Всеукраїнської наукової конференції „Математичні проблеми технічної механіки”. ДНВП „Системні технології”. – Дніпропетровськ, 2004. – С. 130.
51. Фалько В.В., Долодаренко В.А., Чернобровкина Н.А. и др. Уточнение математической модели для оценки экологического риска от загрязнения атмосферы выбросами одиночного точечного источника // Екологія і природокористування. – 2004. – №7. – С.175-180.
52. Фалько В.В. Алгоритм компьютерной технологии определения составляющей экологического риска для человека от точечного источника выбросов // Вісник Сумського державного університету. – 2005.- №21.- С.66-76.

В.В. Фалько

Сумский государственный университет

Поступила в редакцию 22 декабря 2006 г.