

## Розділ 1. ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 504.3:551.510.522

**С.Н. Степаненко**, доктор физ.-мат. наук,  
Одесский государственный экологический университет

**В.Г. Волошин**, канд. географ. наук,  
Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова

### ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ВЫСОКОГО УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРЫ

*Разработан метод расчета метеорологического потенциала загрязнения атмосферы на основе теоремы Байеса. Оценка потенциала может быть сделана либо по данным стандартных метеорологических наблюдений, либо по данным климатической информации. Модель прогноза экологического риска пригодна для практических расчетов. Модель может быть использована как формальная база для всестороннего изучения и сравнительных оценок экологических рисков.*

**Ключевые слова:** прогноз экологического риска, потенциал загрязнения атмосферы, неблагоприятные метеорологические условия, теорема Байеса.

**Введение.** Оценка и прогнозирование экологической обстановки в аварийных ситуациях и в условиях нормального функционирования потенциально опасных, в экологическом отношении, объектов является одной из важнейших задач мониторинга окружающей природной среды.

Экологическая опасность, с точки зрения физических процессов рассеяния и распространения примесей определяется нестационарностью и неоднородностью метеорологических полей, приводящих к росту (“накоплению”) концентраций вредных примесей в приземном слое атмосферы [3]. Такая экологическая опасность многими авторами, например в [1], [2], оценивается с помощью специального критерия, названного «потенциалом загрязнения атмосферы (ПЗА)». Понятие «потенциал загрязнения атмосферы» формулируется, как «сочетание метеорологических факторов, обуславливающих уровень возможного загрязнения атмосферы от источников в данном географическом районе».

Не случайно здесь присутствует слово «сочетание», которое, с вероятностной точки зрения, предполагает пересечение событий, каждое из которых может способствовать образованию высоких уровней загрязнения воздуха.

Следовательно, ПЗА есть вероятность пересечения однородных случайных событий  $P(D)$  (danger), которые в совокупности образуют неблагоприятные погодные условия (НПУ). Если события независимы в совокупности, то

$$P(D) = P(V \cap S \cap T) = P(VST) = P(V)P(S)P(T),$$

если происходит совмещение любых событий, то

$$P(D) = P(V \cap S \cap T) = P(VST) = P(V)P(S|V)P(T|VS), \quad (1)$$

где  $V$  – слабый ветер,  $S$  – стратификация (устойчивая или неустойчивость),  $T$  – температурная инверсия или др. параметры.

Основные неблагоприятные метеорологические факторы для источников разных типов сведены в табл. 1 [1], [4].

Таблица 1- Неблагоприятные метеорологические условия для источников разных типов

Источник примесей. Объект воздействия.	Основные метеорологические величины, определяющие условия рассеяние и распространение примесей			
	Термическая стратификация нижнего слоя атмосферы	Скорость ветра (м/с)		Высота инверсии над источником выброса, м
		на уровне 10 м	на уровне источника	
<i>O</i>	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$
Высокий с горячими выбросами	неустойчивая	3-7	7-12	Приподнятая, $H \approx 100-200$
Высокий с холодными выбросами	неустойчивая	<1 штиль	3-5	Приподнятая, $H \approx 10-200$
Низкие источники	устойчивая	<1 штиль	<1 штиль	Приземная, $\Delta H \approx 50-100$

Различают метеорологический и климатический потенциалы загрязнения атмосферы. Первый характеризует короткопериодные (до 3 суток), а второй долгопериодные (месяц- сезон) изменения ПЗА. Краткосрочный (или среднесрочный) прогноз ПЗА основан на прогнозе погодных условий, которые способствуют образованию опасных уровней загрязнения атмосферы. Исходной информацией для оперативной оценки ПЗА, в этом случае, являются не только данные о текущих погодных условиях, но и значения концентрации загрязняющих веществ и их физико-химические параметры. Методы и принципы такого прогноза предложены Берляндом М.Е., например, в работе [2].

Установлено, что между средними уровнями загрязнения атмосферного воздуха, климатическими, географическими и производственными факторами данного региона существует определенная причинно-следственная связь. Интенсивность загрязнения воздушного бассейна обусловлена не только климатическими показателями данного региона, такими как, скорость и направление ветра, влажность и температура воздуха, количество и продолжительность осадков, повторяемость температурных инверсий, но и особенностью рельефа местности, наличием растительного покрова и водоёмов, расположением источников загрязнения по отношению к объектам воздействия и др.

**Модель оценки экологического риска.** Цель настоящей работы является построение формальной математической модели экологического риска применительно к

задаче охраны воздушного бассейна от загрязнения. Работа содержит взгляды авторов на физические основы и физико-статистическую теорию оценки экологического риска.

Рассмотрим некоторую систему  $F=O \cup E$ , состоящую из источника (объекта) загрязняющего атмосферу  $O$  и окружающей среды  $E=A \cup R$ , где  $A$  – среда переноса (передачи) воздействий, а  $R$  – объект, который подвергается воздействию. Таким образом, объект  $O$  оказывает через среду  $A$  влияние на объект  $R$ .

Состояние объекта  $O$  характеризуется рядом параметров  $h=\{h_i\}$ ,  $h \in O$ . Такими параметрами, могут быть, например, производительность источника выброса вредных примесей (кг/с), высота и тип источника, различные физико-химические свойства примесей и др. Следовательно, состояние  $O$  в моменты времени  $t \in [0, T]$ , будет представлено некоторой случайной функцией  $h=h(t)$ .

Состояние среды  $A$  (атмосфера), через которую происходит перенос вредных примесей от источников до объекта воздействия, также характеризуется рядом параметров  $m=\{m_i\}$ ,  $m \in A$ . Такими параметрами могут быть скорость и направление ветра, температура и влажность воздуха, класс устойчивости атмосферы и др.. В различные моменты времени состояние  $A$  характеризуется различными значениями этих параметров, т.е. случайной функцией  $m=m(t)$ .

Наконец, состояние объекта  $R$ , который подвергается воздействию, может быть охарактеризовано скалярным параметром  $l \in R$ , который представляет величину потерь (или ущерба) нанесенного объекту  $R$  воздействием объекта  $O$ .

Объект  $R$  может понести экономические, санитарно-гигиенические, экологические или другие виды потерь или ущерба. Параметр  $l$  (loss) полностью определяется состоянием системы  $O \cup A$  и представляет собой систему двух случайных функций

$$l = l(h(t), m(t)) . \quad (2)$$

Однако, если, например, ущерб нанесенный объекту  $R$  зависит от концентрации вредных веществ  $c(x, t)$  в атмосфере, в заданной точке пространства  $x$ , то функция  $l = l(h(t), m(t))$  преобразуется в одномерную случайную функцию определяющую, например, ингаляционными дозами вредных веществ  $D$

$$l = l(D(t)) , \text{ где } D(t) = \int_0^t c(x, t) dt \quad (3)$$

или непосредственно полями концентрации примеси, которые, как векторное, так и скалярное, определяются параметрами системы  $O \cup A$ , т.е. есть многомерной функцией  $c = c(h(t), m(t))$ .

Далее будем считать, что каждое сечение случайных функций в интервале  $[0, T]$  фиксируется как некоторое элементарное событие  $\omega_j \in \Omega$ , а  $\Omega \in F$ .

Здесь  $\Omega$  – произвольное однородное вероятностное пространство (о.в.п.) элементарных событий, которое детерминированным образом определяется значениями  $h_i, m_i, l_i, c_i$ , а  $F$  – система случайных событий.

Если, например, определить экологическую опасность, которой подвергается объект  $R$ , как математическое ожидание потерь  $l$

$$\mathbf{M}_l(t) = \langle l(t, \omega) \rangle. \quad (4)$$

то из (4) следует, что функция опасности является функцией времени в силу того, что  $l(t, \omega)$  процесс.

В пространстве  $(\Omega, F, P)$  выделим множество

$$\Omega_c = \{ (c) : 0 \leq c \leq c_m \} \quad (5)$$

которое  $\Omega_c \in F$  и  $\Omega_d \cup \Omega_s$ , где  $\Omega_d$  – подмножество опасных (danger) исходов, которые фиксируются как случайные события превышения норм допустимых концентраций ( $k \cdot \text{ПДК}$ , где  $k$  - коэффициент) вредных веществ, в районе расположения объекта  $R$ ,  $\Omega_s$  – подмножество неопасных (standard) исходов, когда поле концентраций примесей не отклоняется от допустимых норм. Эти подмножества составляют полную группу событий, так как

$$\Omega_d \cap \Omega_s = \emptyset, \quad \bigcup_{j=1}^k \Omega_c = E,$$

т.е. события попарно несовместны и одно из событий  $c_j \in \Omega_c$  обязательно происходит в интервале  $[0, T]$

Сделаем принципиальное упрощение задачи. Будем считать, что работа объекта  $O$  (одиночные источники вредных примесей различного типа или их сумма) происходит без нарушения технологического режима, т.е. вероятность аварийных, экологически опасных, исходов за счет работы объекта  $O$  крайне мала, а случайная функция  $h=h(t)$  стационарна и, следовательно, математическое ожидание случайной величины  $h$ , характеризующей работу объекта, определяется как  $\mathbf{M}[h(t)] = h(t)$ .

В этом случае, будем предполагать, что экологически опасные ситуации, такие когда поле концентраций  $\omega_i \in \Omega_d$  и неопасные ситуации, такие когда  $\omega_i \in \Omega_s$ , возникают не за счет аварийной работы объекта  $O$  и/или изменения функции источника  $h=h(t)$ , например, изменения объемов выброса вредных веществ, а только в связи с изменением состояния среды  $A$  (атмосфера), через которую происходит перенос вредных примесей, т.е. за счет изменения поведения случайной функции  $m=m(t)$ .

Тогда в системе событий  $F$  события, характеризующие метеорологические условия, будут представлены множеством  $\Omega_m$ , дискретного  $n$ -мерного пространства элементарных событий  $\Omega$ , состоящее из векторов  $(u_1, u_2, \dots, u_n)$ , координаты которых  $u_k$  принимают счетное множество значений. Следуя вышесказанному, математическое ожидание потерь  $l$  теперь можно представить как

$$\mathbf{M}_l = \langle P(\Omega_d) \cdot \mathbf{M}(\Omega_m | \Omega_d) \rangle \quad (6)$$

где  $\mathbf{M}(\Omega_m | \Omega_d)$  – условное математическое ожидание метеорологических условий ведущих к опасным экологическим ситуациям.

Для определения  $\mathbf{M}_l$  введем в дискретное о.в.п.  $\Omega$  случайный вектор  $(\mu=m, \eta=c)$  (здесь  $m$  – значение метеовеличины,  $c$  – значение концентрации) и найдем условное

распределение величины  $\mu$  при условии, что задано значение  $\eta$ . Тогда, если выполняются условия

$$P(\mu = m_i, \eta = c_j) = p_{ij} > 0, \quad \sum_{i,j=1}^{\infty} p_{ij} = 1$$

$$P(\mu = m_i) = \sum_{j=1}^{\infty} p_{ij} = p_{i.} > 0, P(\eta = c_j) = \sum_{i=1}^{\infty} p_{ij} = p_{.j} > 0,$$

с помощью уравнения условной вероятности [5], можно найти вероятность случайной величины  $\mu = \mu(m)$  при условии, что произошло событие  $\eta = \eta(c)$ , соответствующее, например, высокой концентрации вредных примесей, а именно

$$P(\mu = m_i | \eta = c_j) = \frac{P(\mu = m_i, \eta = c_j)}{P(\eta = c_j)} = \frac{p_{ij}}{p_{.j}} \quad (7)$$

Из (7) следует, что вероятность пересечения рассматриваемых нами событий  $A_m \in \Omega_m \in F$  и  $C_c \in \Omega_c \in F$  может быть найдена по теореме умножения для любых событий следующим образом

$$P(AC) = p_{ij} = P(\mu | \eta = c_j) \cdot P(C_j) \quad (8)$$

или

$$P(AC) = p_{ij} = P(\eta | \mu = m_i) \cdot P(A_i)$$

Если в (7) фиксировать  $c_j$  (или  $j$ ), то вероятность  $P(\mu | \eta = c_j)$  представляет условное распределение величины  $\mu$  при условии, что  $\eta = c_j$ , а условное математическое ожиданием величины  $\mu$  в этом случае будет найдено как

$$\mathbf{M}(\mu | \eta = c_j) = \sum_{i=1}^{\infty} m_i \cdot P(\mu | \eta = c_j) \quad (9)$$

В том случае если левые части (7) и (9) рассматривать как функции от  $c_j$ , то условное распределение и условное математическое ожидание  $\mu$  можно считать случайными величинами, которые определены в исходном вероятностном пространстве  $(\Omega, F, P)$ . Тогда они определяются соответственно формулами

$$P(\mu = m_i | \eta) = \begin{cases} P(\mu = m_i | \eta = c_j), & \text{если } \omega \in (\eta = c_j) \\ & j = 1, 2, \dots, \end{cases} \quad (10)$$

$$\mathbf{M}(\mu | \eta) = \begin{cases} \mathbf{M}(\mu | \eta = c_j), & \text{если } \omega \in (\eta = c_j) \\ & j = 1, 2, \dots, \end{cases}$$

где  $P(\mu = m_i | \eta = c_j)$ ,  $M(\mu | \eta = c_j)$  определены ранее формулами (7) и (9).

Теперь проведем разбиение пространства  $\Omega$  на классы опасности  $C_z$  (где  $z=1,2, \dots, n$  – номер класса), например,  $C_d$  – когда  $c \gg \text{ПДК}(z=1)$ ,  $C_s$  – когда  $c \ll \text{ПДК}(z=2)$ .

Такое разбиение позволяет получить полное математическое ожидание потерь в виде

$$M_l = M[M(m | C_z)] \quad (11)$$

Условное математическое ожидание  $M(m | C_z)$  (функция регрессии  $\hat{m} = f(c)$ ) рассматривается как случайная величина, поэтому, применяя осреднение к случайной величине, уравнение (11) можно записать в эквивалентной форме

$$M_l = \sum_{z=1}^n P(C_z) \cdot M_z \quad (12)$$

где  $P(C_z)$  вероятность класса  $z$ , а

$$M_z = \int_{\omega \in C_z} P(\omega | C_z) \cdot l(\omega) d\omega = \int_{m \in C_z} \rho(m | C_z) \cdot l(m) dm \quad (13)$$

представляет условное математическое ожидание потерь  $M_z$ , для определения которого необходимо найти условные плотности вероятностей  $\rho(m | C_z)$  метеорологических величин  $m_k$  для классов опасности  $C_z$ .

Так как, классы опасности  $C_d$  и  $C_s$  представляют группу несовместных гипотез «высокого» и «низкого» потенциала загрязнения атмосферы то, принимая во внимание уравнение (9), в окончательной форме уравнение (12) имеет следующий вид

$$\begin{aligned} M_l &= P(C_s) \cdot \int_{\omega \in C_s} P(\omega | C_s) l(\omega) d\omega + P(C_d) \cdot \int_{\omega \in C_d} P(\omega | C_d) l(\omega) d\omega = \\ &= P(C_s) \cdot M_s + P(C_d) \cdot M_d \end{aligned} \quad (14)$$

В уравнении (14) величина  $M_s$  представляет условное математическое ожидание систематической составляющей опасности (интегральный риск), а  $M_d$  потенциальную опасность (дифференциальный риск), обусловленную неблагоприятными погодными условиями. Очевидно  $M_d \gg M_s$ .

И в том и в другом случае параметр  $l$  зависит от состояния атмосферы  $A$ , так как при  $h(t)=\text{const}$  поле концентрации есть функция только метеоусловий  $c=c(m)$ .

Поэтому величина потерь (ущерба) нанесенного объекту  $R$ , может быть оценена через вероятности метеорологических условий  $\{m_i(t)\}$  распределенных в интервале времени  $[0, T]$ . Функция  $m=m(t)$ , представляющая собой временной ход метеовеличин в пограничном слое атмосферы, может быть получена по данным систематических метеорологических наблюдений в районе расположения объекта  $R$ .

**Модель прогноза потенциала загрязнения атмосферы.** Выражения (12) и (14) является общими и, непосредственно не могут использоваться в практических расчетах.

Однако, предложенная схема оценки функции потерь с учетом той или иной “гипотезы” опасности позволяет сформулировать задачу прогнозирования ПЗА.

Естественно, задача сводится к переоценке вероятностей двух гипотез –  $C_d$  и  $C_s$ :

$C_d$  – {прогнозируется высокий уровень ПЗА};

$C_s$  – {прогнозируется низкий уровень ПЗА}.

Обычно имеется один или несколько источников информации о состоянии погоды, в нашем случае это может быть комплекс, включающий  $k$ -прогностических параметров, для которых найдены условные распределения метеорологических величин при разных классах опасности.

Тогда при наличии информации по комплексу прогностических параметров, возможно пересмотреть априорные вероятности гипотез и найти их апостериорные, или условные вероятности, основываясь на фактической или прогностической информации о поведении случайной функцией  $m=m(t)$ .

Такое решение может быть найдено с помощью уравнений (11) и (12).

Пусть

$$\mu = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega \in A, \\ 0, & \text{если } \omega \in \bar{A}, \end{cases} \quad \eta = \begin{cases} c_j & \text{если } \omega \in C_j, \\ j = 1, 2, \dots, \end{cases}$$

где  $C_i C_j = \emptyset$ ,  $i \neq j$ ,  $\bigcup_{j=1}^{\infty} C_j = \Omega_c$ . Тогда

$$\mathbf{M}\mu = P(A), \quad P(\eta = c_j) = P(C_j), \quad \mathbf{M}(\mu | \eta = c_j) = P(A | C_j)$$

Подставляя эти выражения в (12) и учитывая, что  $P(C_z) = P(\eta = c_j)$ , а  $\mathbf{M}_z = \mathbf{M}(\mu | \eta = c_j)$  приходим к «формуле полной вероятности» [5] со счетной системой событий  $C_1, C_2, \dots, C_n$

$$P(A) = \sum_{z=1}^n P(C_z) P(A | C_z) \quad (15)$$

Далее, используя уравнения (8) и (15) и учитывая, что в дискретном о.в.п. рассматриваются случайные вектора  $(\mu_K = m, \eta = c)$ , представленные случайными метеорологическими величинами  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_K$  (см. табл.1), учитывая также то, что их условные распределения (при  $\eta = C_z (z=1,2)$ ), по отдельности и в совокупности стохастически независимы, получим формулу Байеса [5] для двух гипотез класса опасности  $C_d$  и  $C_s$ .

$$P(C_d | A_1, A_2, \dots, A_k, \dots) = \frac{P(C_d) \prod_{k=1}^n P(A_k | C_d)}{P(C_d) \prod_{k=1}^n P(A_k | C_d) + P(C_s) \prod_{k=1}^n P(A_k | C_s)} \quad (16)$$

Обозначая для краткости условную вероятность  $P(C_d | A_1, A_2, \dots, A_k) = P_d$  и упрощая правую часть (16) имеем

$$P_d = \left[ 1 + \frac{P(C_s)}{P(C_d)} \prod_{k=1}^n \frac{P(A_k | C_s)}{P(A_k | C_d)} \right]^{-1} \quad (17)$$

Так как случайная метеорологическая величина может быть представлена как  $(x_1 \leq \mu < x_2) = (\mu < x_2) \setminus (\mu < x_1) \in F$ , то в (17) условные вероятности метеорологических событий  $A_k$  можно заменить на условные плотности распределения величин  $\mu_k$ . Окончательно для  $P_d$  запишем

$$P_d = \left[ 1 + r_p \cdot \prod_{k=1}^n \frac{p_s(\mu_k = x_i)}{p_d(\mu_k = x_i)} \right]^{-1} \quad (18)$$

Априорные вероятности  $P(C_d)$  и  $P(C_s)$  можно установить по многолетним статистическим данным. Однако, значение отношения  $r_p = [P(C_s) / P(C_d)]$  не должно оказывать большого влияния на качество разделения классов опасности  $C_z$ , оно лишь будет изменять порговое значение  $P_d$ . Поэтому в общем случае можно принять  $r_p = [P(C_s) / P(C_d)] = 1$ .

Таким образом, первоначальная (априорная) оценка вероятности истинности гипотезы  $P_d$  составляла 0,5, но путем учета новой информации об определяющих метеорологических параметрах можно получить более точную оценку  $P_d$ , которую далее можно использовать в качестве обновленного значения для нового уточнения с привлечением нового свидетельства. Иначе говоря, процесс уточнения вероятности  $P_d$  можно повторять снова и снова с привлечением все новых и новых свидетельств, каждый раз обращаясь к одной и той же формуле. В конечном счете, если информации окажется достаточно, можно получить окончательный вывод о вероятности первоначально выдвинутой метеорологической гипотезы о возможном уровне загрязнения атмосферы.

Из выражения (18) следует, что параметр  $P_d$ , для которого отношение условных плотностей вероятностей  $p_s(\mu = x_i) / p_d(\mu = x_i) = 1$ , не содержит информации относительно распознавания класса экологической опасности, и наоборот, чем больше различия между  $p_s(x_i)$  и  $p_d(x_i)$ , тем информативней становится параметр  $P_d$ .

**Выводы.** Формула (18) позволит прогнозировать «опасные» метеорологические условия в краткосрочных и среднесрочных прогнозах погоды и представлять ПЗА в виде некоторого индекса. Использование формулы (18) позволит также оценить климатический ПЗА по известным вероятностям метеорологических величин соответствующим «опасным» и «неопасным» условиям загрязнения атмосферы.

В работе сделана попытка систематического подхода к проблеме вероятностной оценки потенциала загрязнения атмосферы. На основе анализа нестационарного процесса



воздействия химически-опасного объекта на окружающую экосистему построена формальная модель прогноза риска, включающая реальный и потенциальный риски. Отметим, что предлагаемая модель не привязана ни к конкретному выбору функции ущерба, ни к конкретному механизму построения пространства аварийных событий. Конкретизируя функцию ущерба  $l$ , пространство исходов  $\Omega$  и процессы  $h(t)$  и  $m(t)$  можно получить конкретную модель прогноза риска, пригодную для практических расчетов. Предлагаемая модель может быть использована как формальная база для всестороннего изучения и сравнительных оценок экологических рисков.

### Список литературы

1. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов.–Л.: Гидрометеиздат, 1980.–184 с.
2. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. –Л.: Гидрометеиздат. 1985.– 272 с.
3. Kisselev V.B., Kouznetsov V.N., Miljaev V.B. (1999). A comparison of mesoscale pollution transport models with varying spatial. In: R. San Jose, ed. Measuring and Modelling Investigation of Environmental (Vol 2). Southampton: Computational Mechanics Publications, pp. 187-204.
4. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы.– Л.: Гидрометеиздат, 1991.–224 с.
5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (определения, формулы, теоремы).– Наука, М., 1973

### **Використання ймовірностного підходу до оцінки екологічної небезпеки високого рівня забруднення атмосфери. Степаненко С.М., Волошин В.Г.**

*Представлено метод визначення ймовірності метеорологічного потенціала забруднення атмосфери за допомогою теореми Байєса. Оцінка ймовірності потенціала забруднення може бути отримана за даними стандартних мережних метеорологічних спостережень або за даними кліматичної інформації. Запропоновано модель прогноза екологічного ризику, що пристосована для практичних розрахунків і може бути використана як формальна підстава для всебічного вивчення і порівняльних оцінок екологічних ризиків.*

**Ключові слова:** *прогноз екологічних ризиків, потенціал забруднення атмосфери, небезпечні метеорологічні умови, теорема Байєса.*

### **Application probability of methods for an estimation of ecological danger of a high level of pollution of an atmosphere. Stepanenko S., Voloshin V.**

*The method of calculation of meteorological potential of pollution of an atmosphere is developed on the basis of theorem Bayes. The estimation of potential can be made or according to standard meteorological supervision, or according to the climatic information. The forecasting model of ecological risk is suitable for practical calculations. The model can be used as formal base for all-round studying and comparative estimations of ecological risks.*

**Keywords:** *meteorological potential of pollution, theorem Bayes, model of ecological risk*