



УДК 681.20; 547.47

В. В. Алексеев, Н. В. Орлова
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Обеспечение единства измерений при формировании простых и сложных оценок состояния природных объектов

Анализируются вопросы получения простых и сложных оценок состояния природных объектов на основе контрольных измерений физических величин разной природы, рассматриваются алгоритмы построения нормированных шкал, обеспечивающих вычисление этих оценок на единой метрологической основе.

Природный объект, простые и сложные оценки, контрольные измерения, нормированная шкала, информационно-измерительная система

В современных информационно-измерительных системах, контролирующих состояние природных объектов, важной задачей является получение достоверных характеристик протекающих процессов, оценка тенденций для предупреждения нежелательных и аварийных ситуаций с целью построения систем рационального природопользования в районах активной деятельности человека [1].

Разнообразие природных объектов (экосистем), сложность выявления закономерностей протекания процессов и развития ситуаций определяют сложность контроля и оценки состояния экологической системы и требуют определения основных показателей качества для каждого элемента экологической системы в соответствии с его ролью, свойствами и целевой функцией анализа.

Исходной информацией для формирования оценок являются результаты контроля характеристик в различных средах (результаты измерения уровня радиации, концентрации примеси вредных веществ, площади загрязнения и др.).

Для обеспечения метрологической сопоставимости результатов контроля различными средствами измерений, а также результатов химического анализа, получаемых при выполнении аналитических процедур, необходим общий подход к анализу погрешностей.

Достоверность разнородных данных удобно выражать в виде неопределенности, которая представляет собой интервальную оценку, чаще всего

использующую стандартное отклонение для описания интервала оценки измеряемой величины [2].

Получение достоверной информации на основании контрольных измерений различных параметров объектов (физических, химических, биохимических, биологических и др.) связано с объединением данных разной размерности и разного типа. Такое объединение возможно только на основе нормированных шкал качественных оценок [3].

Получение простых нормированных оценок на основании данных контрольных измерений. Результат измерения представляет собой числовое значение контролируемого параметра в единицах представления физической величины.

Степень достоверности (неопределенности) полученного результата [3] зависит:

- от погрешностей средств измерения (инструментальная составляющая, от влияющих воздействий);
- используемого метода измерения (методическая составляющая);
- принятой модели процесса (погрешность неадекватности, динамические и статистические свойства модели).

Суммарная погрешность полученной оценки характеризуется математическим ожиданием (в случае смещенной оценки) и законом распределения случайной составляющей $p(x^*)$.

Значение контролируемой величины на нормированной шкале качественных отношений определяется как вероятность нахождения ре-

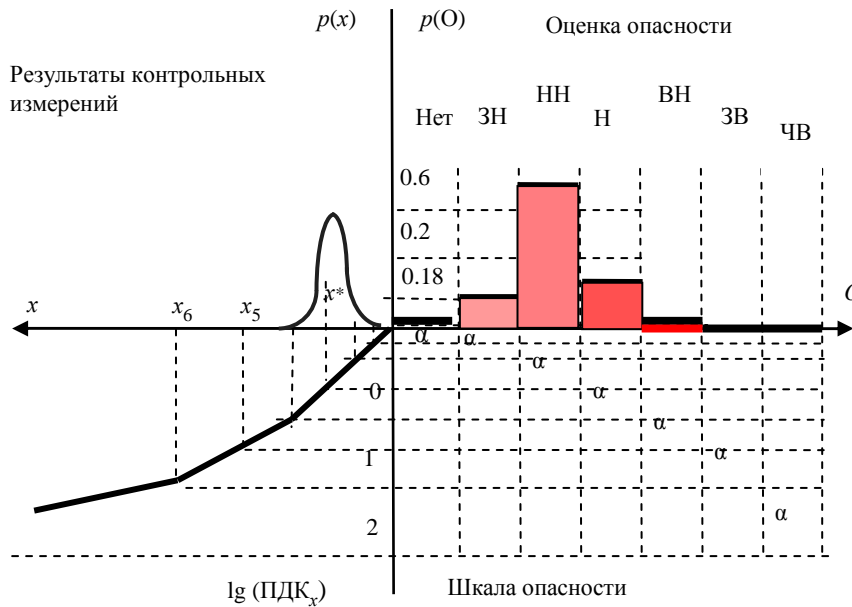


Рис. 1

зультата контрольного измерения в соответствующем интервале концентраций. Плоскость соответствия результата контрольных измерений x_i (одно измерение средства измерения с заданными метрологическими характеристиками) и нормированных значений качественной оценки (α – коэффициент нормирования) показана на рис. 1.

Результат измерения концентрации загрязняющего вещества, нормированный относительно предельно допустимой концентрации (ПДК), представлен в логарифмическом масштабе, так как благоприятная ситуация может быть только при малых концентрациях, т. е. до ПДК, а опасная зависит от степени превышения ПДК в некоторое количество раз.

Качественные отношения представлены в виде нормированной шкалы с равными отрезками и условными отношениями, где качественная оценка $O = \{\text{Нет, ЗН, НН, Н, ВН, ЗВ, ЧВ}\}$:

- 0–1 – нет;
- 1–2 – значительно ниже нормы (ЗН);
- 2–3 – ниже нормы (НН);
- 3–4 – норма (Н);
- 4–5 – выше нормы (ВН);
- 5–6 – значительно выше нормы (ЗВ);
- 6–7 – чрезвычайно выше (ЧВ).

Вероятность принятия того или иного значения качества $p(O)$ может быть определена как

$$p_i = \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(x^*) dx, \quad i = 1 \dots 7.$$

Предположим, что результат контрольных измерений $x^* = x_3 \pm k\sigma = x_3 \pm 0.4x_3$.

Результаты интегрирования имеют значения (рис. 1):

$$p_1 = \int_{x_0}^{x_1} f(x^*) dx = 0.01, \quad p_2 = \int_{x_1}^{x_2} f(x^*) dx = 0.18,$$

$$p_3 = \int_{x_2}^{x_3} f(x^*) dx = 0.6, \quad p_4 = \int_{x_3}^{x_4} f(x^*) dx = 0.2,$$

$$p_5 = \int_{x_4}^{x_5} f(x^*) dx = 0.01, \quad p_6 = \int_{x_5}^{x_6} f(x^*) dx = 0.0,$$

$$p_7 = \int_{x_6}^{x_7} f(x^*) dx = 0.0.$$

Повышая требования к надежности определения показателя, можно изменить измерительный эксперимент путем проведения серии измерений. Это позволит уменьшить случайную составляющую и увеличить достоверность качественной характеристики. Пример оценки, представленной на рис. 1, после многократных измерений проиллюстрирован на рис. 2, где показана плоскость соответствия результата контрольных измерений (многократные измерения СИ с заданными метрологическими характеристиками) и нормированных значений качественной оценки.

Результаты нормированной оценки изменились:

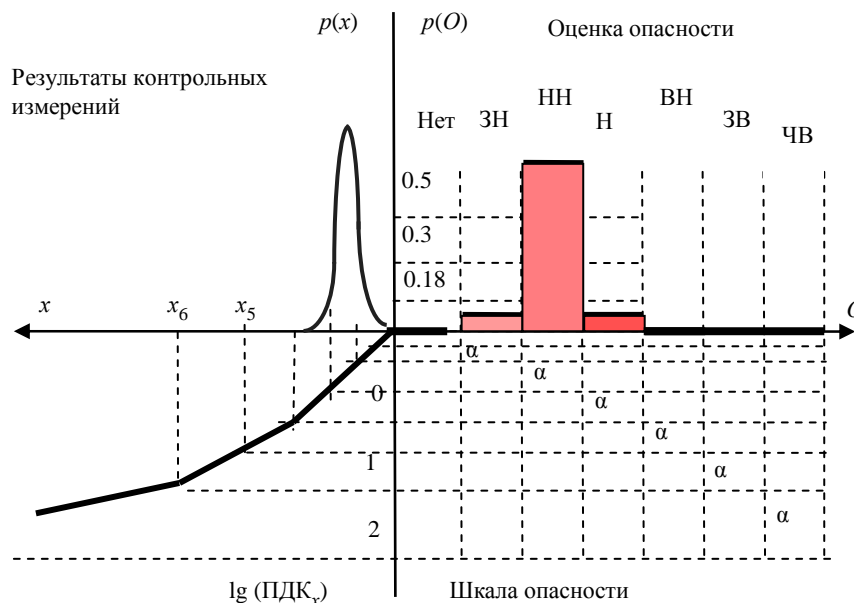


Рис. 2

$$p_1 = \int_{x_0}^{x_1} f(x^*) dx = 0.0, \quad p_2 = \int_{x_1}^{x_2} f(x^*) dx = 0.1,$$

$$p_3 = \int_{x_2}^{x_3} f(x^*) dx = 0.8, \quad p_4 = \int_{x_3}^{x_4} f(x^*) dx = 0.1,$$

$$p_5 = \int_{x_4}^{x_5} f(x^*) dx = 0.0, \quad p_6 = \int_{x_5}^{x_6} f(x^*) dx = 0.0,$$

$$p_7 = \int_{x_6}^{x_7} f(x^*) dx = 0.0.$$

Однако при получении оценки природных объектов часто используют результат измерений не одного показателя, а нескольких. При этом возникает необходимость объединения результатов.

Получение интегральных нормированных оценок на основании данных контрольных измерений. Существует несколько подходов объединения простых оценок в интегральный показатель оценки качества или состояния объекта. Все они применяют операцию нормирования для обеспечения возможности объединения результатов контрольных измерений. Рассмотрим основные из них:

- 1) нормирование путем деления на ПДК;
- 2) приведение каждого результата к нормированной шкале качественной оценки;
- 3) формирование для каждого показателя нормированной шкалы с последующим объединением и формированием нормированной шкалы для комплексного показателя.

Первый подход – нормирование путем деления на ПДК является стандартизированным для получения комплексных оценок в воздушной [5] и водной [6] средах при объединении результатов измерений концентрации веществ:

$$C_H = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где C_H – комплексная оценка качества; C_i – концентрация анализируемого вещества; ПДК_i – предельная допустимая концентрация вещества; N – количество контролируемых веществ.

Однако такой подход не применим для характеристик, не имеющих значения ПДК.

Второй подход – приведение каждого результата к нормированной шкале качественной оценки [4] позволяет формировать комплексную оценку, объединяя разные характеристики. Но он требует построения плоскости соответствия для каждого параметра (рис. 1) и объединения параметров на уровне нормированной качественной шкалы:

$$p_k = \left(\sum_{i=1}^n x_{ki} \right) / \left(\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^n x_{ki} \right), \quad \sum_{k=1}^K p_k = 1,$$

где p_k – вероятность нахождения полученной нормированной оценки в k -м коридоре – вероятность нахождения контролируемого объекта в k -м состоянии (качестве); k – номер коридора шкалы нормированного пространства; n – количество контролируемых параметров; i – номер контролируемого параметра; K – количество коридоров.

Таблица 1

Параметр	Класс устойчивости				
	I	II	III	IV	V
	Максимальная	Выше средней	Средняя	Ниже средней	Минимальная
Площадь, км ²	20 000–15 000	15 000–10 000	10 000–5000	5000–1000	1000–10
Объем, км ³	400–300	300–200	200–100	100–10	10–0.2
Максимальная глубина, м	200–150	150–100	100–50	50–10	10–1.0
Средняя температура воды в летнее время, °С	25–22	22–20	20–18	18–15	15–12
Наличие сезонной стратификации, балл	1 (1)	1 (1)	1–2 (1–0)	2 (0)	2 (0)
Условия проточности, балл	1–2 (5–4)	2–3 (4–3)	3–4 (3–2)	4–5 (2–1)	5–6 (1–0)

Третий подход – формирование для каждого показателя нормированной шкалы с последующим объединением и формированием нормированной шкалы для комплексного показателя в геоэкологии [7] для решения частных задач требует отдельного рассмотрения с целью распространения его на оценки, получаемые путем объединения разнородных числовых данных.

В рассматриваемом подходе сначала формируется нормированная шкала для каждого показателя. Например [8], для оценки устойчивости водоема к изменению параметров естественного режима используются числовые характеристики, приведенные в табл. 1.

После выполнения операции нормирования $x_{in} = x_i / x_{i\max}$ получим пространство нормированных параметров, измеряемых в относительных единицах [о. е.]. Причем, каждый параметр имеет свою шкалу (свои границы) определения качественных показателей.

Для обеспечения возможности объединения оценок необходимо сформировать шкалы так, чтобы они имели одинаковую направленность, т. е. максимальному значению качественной шкалы (значительно выше нормы) должно соответствовать максимальное значение контролируемых параметров, а минимальному значению – минимальное значение качественной шкалы (значительно ниже нормы). Расхождения могут возникнуть в связи с тем, что методики получения оценок различных параметров формируются автономно, без учета возможности их объединения. Например, в табл. 1 оценки физических параметров соответствуют по своим значениям смысловым показателям качественной шкалы, а балльные оценки для «максимального» класса устойчивости – минимальные, для «минимального» класса устойчивости – максимальные. Надо отме-

тить, что и «максимальному» классу соответствует «I», а «минимальному» классу – «V» (что также вносит некоторую путаницу).

Для приведения балльных шкал к одной направленности преобразуем полученные оценки в соответствии со следующим выражением:

$$x_i^* = x_{i\max} - x_i$$

Значения границ для шкалы другой направленности показаны в скобках в табл. 1.

Нормированные значения параметра будут вычисляться по формуле

$$x_{in} = (x_{i\max} - x_i) / x_{i\max}$$

Предъявляя требования к измерению каждого параметра, определяем точность вычисления границ показателей качества, а следовательно, надежность идентификации характеристики. Например, при требовании точности представления результата измерений 1 % точность задания границ должна быть определена как $x_r^* = x_r \pm 0.01 \cdot x_r$ (табл. 2), а при 10 % – $x_r^* = x_r \pm 0.1 \cdot x_r$.

Суммирование взвешенных в соответствии с их значимостью нормированных параметров в соответствии с выражением

$$O_1 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k x_k, \tag{1}$$

где α_k – коэффициент значимости суммируемого параметра (должен удовлетворять требованию $\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k = 1$), обеспечивает получение интегральной оценки.

Выражение (1) можно записать как

Таблица 2

Параметр, о. е.	Класс устойчивости				
	I	II	III	IV	V
	Максимальная (Макс)	Выше средней (ВС)	Средняя (С)	Ниже средней (НС)	Минимальная (Мин)
Площадь	1–0.75	0.75–0.5	0.5–0.25	0.25–0.05	0.05–0.0
Объем	1–0.75	0.75–0.5	0.5–0.25	0.25–0.025	0.025–0.0
Максимальная глубина	1–0.75	0.75–0.5	0.5–0.25	0.25–0.05	0.05–0.0
Средняя температура воды в летнее время	1–0.77	0.77–0.62	0.62–0.46	0.46–0.23	0.23–0.0
Наличие сезонной стратификации	1.0	1.0	1.0–0.0	0.0	0.0
Условия проточности	1.0–0.8	0.8–0.6	0.6–0.4	0.4–0.2	0.2–0.0
Интегральная оценка (O_1)	1.0–0.8	0.8–0.62	0.62–0.27	0.27–0.09	0.09–0.0

$$O_1 = \left(\sum_{k=1}^n \alpha_k \right)^{-1} \sum_{k=1}^n \alpha_k x_k, \quad (2)$$

где коэффициент α_k может быть любым положительным числом (в табл. 2: $n = 6$, $\alpha_k = 1$).

Граничные значения качественной шкалы вычисляются по выражению (2) по соответствующим значениям граничных значений параметров.

На рис. 3 приведен пример нормирования контролируемых параметров. Параметр, отмеченный цифрой 1 (закон распределения оценки и гистограмма на качественной шкале), находится рядом с границей шкалы. Он имеет большие вероятности попадания в два класса. Параметр, отмеченный цифрой 2, практически полностью соответствует одному классу устойчивости – НС.

Каждое значение оценки характеризуется точностью ее получения $x^* \pm g\sigma_x$.

Интегральная оценка O_1 формируется путем суммирования значений частных оценок. При этом суммируются и случайные составляющие погрешности этих частных оценок:

$$O_1 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k (x_k \pm g\sigma_x).$$

Таким образом, при формировании нормированной шкалы необходимо обеспечить требования о сравнимости к получаемым оценкам. Это можно обеспечить предъявлением к диапазонам качественной шкалы требования – не менее двух $g\sigma_x$. Это требование также позволит сформировать значения нормированной шкалы для пара-

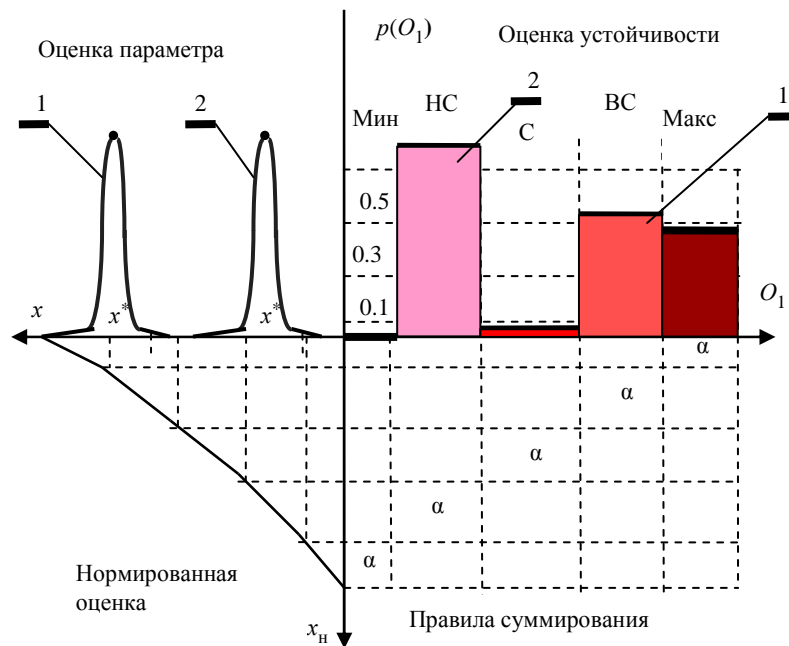


Рис. 3

Таблица 3

Параметр	Класс устойчивости				
	I	II	III	IV	V
	Максимальная	Выше средней	Средняя	Ниже средней	Минимальная
Взвешенные вещества, мг/дм ³	>50 (60–50)	50–20	20–10	10–3	3–0
Аммонийный азот (NH ₄ ⁺), мг/дм ³	>1 (1.2–1.0)	1.0–0.4	0.4–0.2	0.2–0.05	0.05–0.0
Бихроматная окисляемость (БО), мгО/дм ³	>50 (60–50)	50–25	25–15	15–5	5.0–0.0
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅), мгО ₂ /дм ³	>4 (5–4)	4–3	3–2	2–1	1–0.0

метров, у которых не определен верхний или нижний предел измерений.

Контролируемые параметры для определения класса устойчивости водоема к изменению параметров качества воды приведены в табл. 3 [6], [7].

Предъявляя к ширине старшего класса формируемой шкалы требование, указанное ранее, и предполагая, что для биохимических измерений точность 10 % является наиболее вероятной, получим максимальные (нормирующие) значения для каждого контролируемого параметра. Эти значения указаны в скобках в табл. 3.

Так как возможно превышение назначенных границ, они используются для построения нормирующей шкалы. В реальных измерениях значения, превышающие значение нормирующей величины, приводятся к старшему классу шкалы.

В данном случае получим нормированные шкалы (табл. 4).

При расчетах O_2 используется приведенное ранее выражение для $n = 4$, $\alpha_k = 1$.

Оценка O_3 объединяет полученные интегральные оценки O_1 и O_2 тем же способом при $n = 2$, $\alpha_k = 1$.

Таким образом, полученные нормированные шкалы для интегральных оценок позволяют достаточно просто по нормированным значениям параметров идентифицировать состояние объекта, определить его класс.

Очевидно, что подобные нормированные шкалы могут быть построены для любой группы параметров, в т. ч. для результатов контрольных измерений, концентрации химических веществ в воздушной и водной средах (пример, рассмотренный ранее, см. рис. 1).

Получение сложных нормированных оценок на основании данных контрольных измерений. Для некоторых наиболее важных характеристик экосистем или природных объектов существуют стандартизованные методики, позволяющие получить значение показателя качества на основании контрольных измерений. Как правило, шкалы этих оценок носят специфический характер и не нормированы, что затрудняет применение данных оценок для более сложного анализа, получения интегральных показателей качества.

Рассмотрим примеры построения нормированных шкал для сложных оценок показателя качества воды и загрязнения воздуха.

Таблица 4

Параметр, о. е.	Класс устойчивости				
	I	II	III	IV	V
	Максимальная	Выше средней	Средняя	Ниже средней	Минимальная
Взвешенные вещества	1.0–0.83	0.83–0.33	0.33–0.17	0.17–0.05	0.05–0.0
Аммонийный азот (NH ₄ ⁺)	1.0–0.83	0.83–0.33	0.33–0.17	0.17–0.04	0.04–0.0
БО	1.0–0.83	0.83–0.42	0.42–0.25	0.25–0.08	0.08–0.0
БПК ₅	1.0–0.8	0.8–0.6	0.6–0.4	0.4–0.2	0.2–0.0
Интегральная оценка (O_2)	1.0–0.82	0.82–0.42	0.42–0.25	0.25–0.1	0.1–0.0
Интегральная оценка (O_1)	1.0–0.8	0.8–0.62	0.62–0.27	0.27–0.09	0.09–0.0
Интегральная оценка (O_3)	1.0–0.81	0.81–0.52	0.52–0.26	0.26–0.1	0.1–0.0
Величина класса на нормированной шкале	0.19	0.29	0.26	0.16	0.1

Таблица 5

Параметр	Оценка качества воды					
	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
f_j	-3 ... -1	-1 ... 0	0 ... +1	+1 ... +2	+2 ... +3	> +3 (+3 ... +4)
k_i	< -3 (-4 ... -3)	-3 ... -1	-1 ... +1	+1 ... +3	+3 ... +5	> +5 (+5 ... +7)

Таблица 6

Параметр, о. е.	Оценка качества воды					
	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
f_j	0.0–0.14	0.14–0.43	0.43–0.57	0.57–0.71	0.71–0.86	0.86–1.0
k_i	0.0–0.1	0.1–0.27	0.27–0.45	0.45–0.63	0.63–0.81	0.81–1.0

Значения сложных оценок определяются по соответствующим сертифицированным методикам, направленным на получение значения некоторого обобщенного показателя качества, для которого определена шкала значений [9].

Например, контроль качества воды может осуществляться по группам показателей f_j (f_1 – азот аммонийный, азот нитритный; f_2 – хлориды; f_3 – фенолы; СПАВ; f_4 – БПК₅, сульфаты) [6], [7]. Для каждого показателя определяется значение показателя $f_j = \sum_{i=1}^N b_{ij}x_i$ и значение коэффициента

$$k_i = \sum_{p=1}^m a_p f_{jp}.$$

Результаты приведены в табл. 5.

Данная оценка может быть сведена к нормированной шкале. Для этого у односторонних ограничений «>» или «<» определим граничные значения подобно табл. 3 (значения в скобках в табл. 5) и значения шкалы вычислим по выражению

$$x_{iH} = (x_i - x_{i\max}) / (x_{i\max} - x_{i\min}).$$

В результате получим нормированную шкалу сложной оценки (табл. 6).

Значение дисперсии получаемых оценок будет зависеть от точности контрольных измерений соответствующих параметров по правилам суммирования погрешностей измерения.

Качество воды может определяться в соответствии со значением индекса загрязненности – ЛПЗ. В этом случае значения оценок качества отражают только отрицательную сторону, т. е. оценка несимметричная. Оценка загрязнения донных отложений [8] также имеет несимметричную характеристику уровня загрязнения: слабое, среднее, сильное, очень сильное.

Значения показателей могут быть многозначными в зависимости от дополнительных условий, например, оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от числа источников загрязнения [6], [7].

Результирующее загрязнение атмосферы при одновременном присутствии нескольких вредных веществ определяется комплексным показателем, учитывающим характер комбинированного вещества и его класс опасности:

$$F = \sqrt{\sum K_i^2}.$$

Величина K_i представляет собой фактическое среднегодовое загрязнение атмосферы конкретным веществом i в долях среднесуточного ПДК (ПДК_{с.с.}), приведенного к биологическому эквиваленту 3-го класса опасности:

$$K_i = \frac{C_i}{\text{ПДК}_{с.с.}}$$

Приведение K_i к 3-му классу опасности осуществляется по следующим формулам:

- 1-й кл. → $K_{1-2} = K_i - K_i \cdot 3^{2.89 \lg K_i}$;
- 2-й кл. → $K_{2-3} = K_i - (3/2)^{1.55 \lg K_i}$;
- 3-й кл. → $K_{3-3} = K_i$;
- 4-й кл. → $K_{4-3} = K_i \cdot (3/4)^{1.05 \lg K_i}$.

Зависимость уровня загрязнения атмосферного воздуха от значения полученной оценки и числа источников загрязнения показана в табл. 7.

В табл. 7 также доопределены значения коридоров шкалы оценок (числа в скобках). В рассмотренном примере для каждого значения параметра «Число источников загрязнения» строится своя шкала, т. е. результаты измерений могут быть приведены к разным шкалам, что приведет к трехмерному пространству построения нормиро-

Таблица 7

Число источников загрязнения	Уровень загрязнения атмосферного воздуха (ПДК _{с.с.})				
	Допустимый	Слабый	Умеренный	Сильный	Очень сильный
2–3	(0.0)–2.0	2.1–4.0	4.1–8.0	8.1–16.0	16.0–(20.0)
4–9	(0.0)–3.0	3.1–6.0	6.1–12.0	12.1–24.0	24.0–(30.0)
10–20	(0.0)–4.0	4.1–8.0	8.1–16.0	16.1–32.0	32.0–(40.0)
Более 20	(0.0)–5.0	5.1–10.0	10.0–20.0	20.1–40.0	40.0–(50.0)

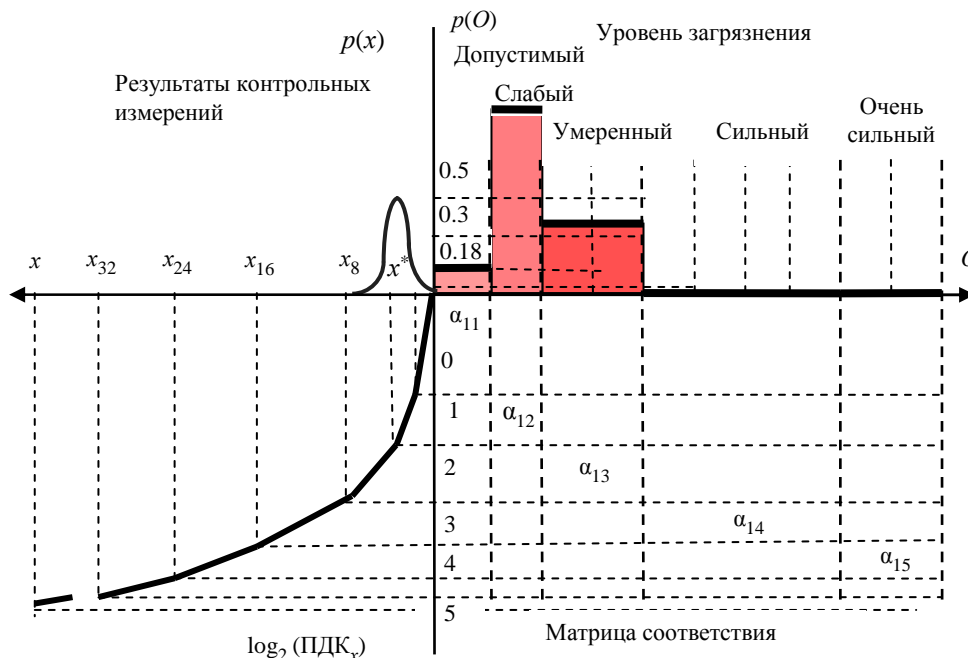


Рис. 4

ванной шкалы. При этом нормированная шкала строится в соответствии с рассмотренным алгоритмом (табл. 8). Схема формирования нормированной шкалы при оценивании уровня загрязнения атмосферного воздуха в этом случае показана на рис. 4, где α_{ik} – коэффициент соответствия результата измерения нормированной шкалы для допустимых случаев (табл. 8).

Матрица соответствия является множеством диагональных матриц приведения результатов контроля к нормированной шкале со значением коридоров в соответствии с табл. 8.

Так как шкала отражает только отрицательную сторону, показатели хорошего состояния сводятся к нулю. Это не всегда справедливо.

Для формирования симметричной шкалы рассмотрим алгоритм построения шкалы с масштабированием.

В первом примере (см. рис. 1) допустимое значение концентрации представляется в виде уровней: нормальное (Н), ниже нормального (НН), значительно ниже нормального (ЗНН), отсутствует (Нет). Представим шкалу оценки результатов контроля в виде двух участков: нормальное состояние и ниже нормы, загрязненное. Участок нормального состояния будет нормироваться в соответствии с абсолютной шкалой (см. рис. 1), а участок загрязненного – в соответствии с логарифмической шкалой (рис. 4).

На первом участке нормированные значения шкалы вычисляются по выражению

$$x_{ni} = \left(x_i / \text{ПДК}_{xi} \right)^{0.5}, \text{ при } x_i \leq \text{ПДК}_{xi}.$$

На втором участке нормированные значения шкалы вычисляются по выражению

Таблица 8

Число источников загрязнения	Уровень загрязнения атмосферного воздуха, о. е.				
	Допустимый	Слабый	Умеренный	Сильный	Очень сильный
2–3 (α_{1k})	0.0–0.1	0.1–0.2	0.2–0.4	0.4–0.8	0.8–1.0
4–9 (α_{2k})	0.0–0.1	0.1–0.2	0.2–0.4	0.4–0.8	0.8–1.0
10–20 (α_{3k})	0.0–0.1	0.1–0.2	0.2–0.4	0.4–0.8	0.8–1.0
Более 20 (α_{4k})	0.0–0.1	0.1–0.2	0.2–0.4	0.4–0.8	0.8–1.0

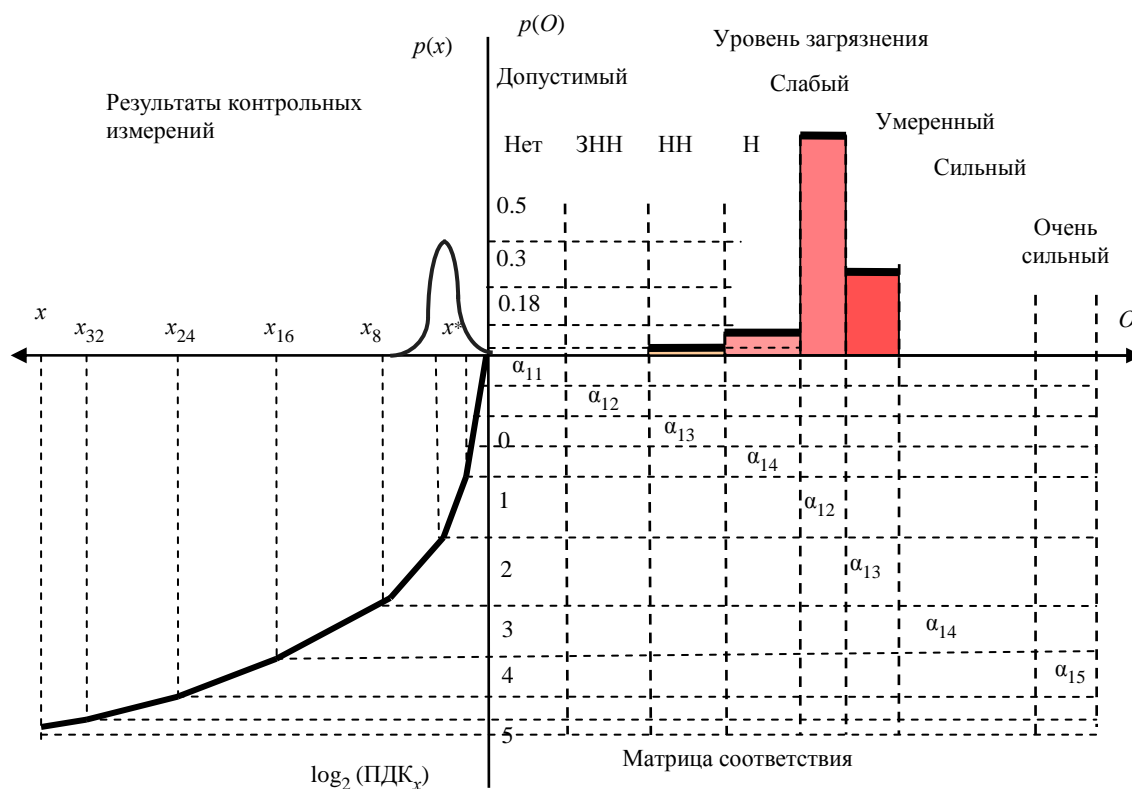


Рис. 5

$$x_{iH} = (1 + x_i/x_{i\max})^{0.5} = ((x_{i\max} + x_i)/x_{i\max})^{0.5}$$

при $x_i \geq \text{ПДК}_{x_i}$.

В результате получим нормированную шкалу, которая отражает весь диапазон событий. При этом значения границ коридоров вычисляются в соответствии с приведенными выражениями, а ширина коридоров имеет значения одного порядка, что соответствует выдвигаемым требованиям. Преобразованная в соответствии с предложенным алгоритмом шкала, рассмотренная в предыдущем примере (рис. 4), показана на рис. 5, где представлена схема формирования нормированной шкалы загрязнения атмосферного воздуха с масштабированием на разных участках, где α_{11k} – коэффициент соответствия результата измерения нормированной шкалы для допустимых концентраций.

Полученная нормированная оценка имеет свою нормированную шкалу и может быть использована при формировании сложных оценок по рассмотренному алгоритму.

Таким образом, рассмотрено получение простых и сложных оценок состояния природных

объектов на основе контрольных измерений физических величин разной природы, алгоритмы построения нормированных шкал, обеспечивающих вычисление этих оценок на единой метрологической основе. Рассмотренные алгоритмы являются метрологической основой для современных информационно-измерительных системы (ИИС) мониторинга распределенных природных объектов. ИИС мониторинга, как правило, повторяют структуру контролируемого объекта, которая реализуется с помощью стандартных аппаратно-программных средств информационных технологий, сертифицированных или аттестованных средств измерений, алгоритмического и метрологического обеспечения процессов получения и обработки данных. Важнейшим при получении оценок является их достоверность. Поэтому в ИИС основное внимание уделяется алгоритмам получения результатов контроля, вопросам надежности определения оценок объектов, идентификации нештатных, предаварийных и аварийных ситуаций, получения простых и сложных оценок как основы предупреждения чрезвычайных ситуаций в природных экологических системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. В., Комаров Б. Г., Королев П. Г. Измерительно-вычислительные системы. СПб.: ООО «Техномедиа» / Элмор, 2008. 140 с.

2. Построение нормированных шкал оценок при анализе экологической информации / В. В. Алексеев, А. А. Минина, Н. В. Орлова, В. Н. Размашкин // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2016. № 2. С. 64–70.

3. Алексеев В. В., Орлова Н. В. ИИС контроля состояния природных объектов. Обеспечение единства измерений при получении оценок на основе контрольных измерений // Приборы. 2010. № 2. С. 19–28.

4. ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий / Госкомгидромет. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 68 с.

5. СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2001. 111 с.

6. Дмитриев В. В. Оценка экологического состояния природных объектов. Что такое экологическая оценка и как построить интегральный показатель состояния природной экосистемы / Экология. Безопасность. Жизнь. Экологический опыт гражданских инициатив. Гатчина, 2001. С. 225–237.

7. Дмитриев В. В., Примаков Е. А. Оценка устойчивости водоемов Европейского Севера к изменению параметров естественного и антропогенного режимов // Водные ресурсы Европейского Севера России: итоги и перспективы исследований. Петрозаводск: ИВПС, 2006. С. 408–417.

8. Региональный норматив «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» (утв. Главным гос. сан. врачом по С.-Петербургу 17.06.1996 и Комитетом по охране окружающей среды и природных ресурсов С.-Петербурга и Ленинградской области 22.07.1996). СПб., 1996.

9. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

V. V. Alekseev, N. V. Orlova

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

ENSURING UNITY OF MEASUREMENTS DURING FORMATION OF SIMPLE AND COMPLEX ASSESSMENTS OF THE STATE OF NATURAL OBJECTS

Analyzes the issues of getting of simple and complex assessments of the state of natural objects based on control measurements of physical quantities of different nature, consider algorithms for constructing the normalized scales, providing the calculation of these estimates on the basis of a common methodological.

Natural object, simple and complex assessment, control measurements, normalized scale, information-measuring system
