

где τ_n, τ_m – фиксированные отсчеты времени в минутах, выбирались при условии $\tau_n/\tau_m=2$;

A – аппаратный фактор прибора, зависящий от условий испытаний, вида материала и контакта материала с зондом;

R_m, R_n – фиксированные температуры в условных единицах.

Вследствие неизбежных погрешностей опыта результаты измерений не всегда укладываются на прямую линию полулогарифмической системе координат. Поэтому для фактических расчетов определялось среднее арифметическое значение ΔR_i по трем парам фиксированных измерений (при 2; 2,5; 3; 4; 5 и 6 минутах $R_1, R_2, R_{2,5}, R_3, R_4, R_5, R_6$):

$$R_m - R_n = \frac{1}{3} \times \sum \Delta R_i \times 10^3 = \frac{1}{3} \times ((R_2 - R_4) + (R_{2,5} - R_5) + (R_3 - R_6)). \quad (2)$$

Величина аппаратного фактора A рассчитывалась по формуле:

$$A = R_0 \times (K + \alpha \times c \times \rho), \quad (3)$$

где R_0 – температура среды испытания в начальный момент времени (в условных единицах);

K – удельная мощность нагрева зонда (определялась по тарировочному графику зависимости $K=f(t)$);

α – коэффициент теплообмена в зоне контакта, $m^2/час$;

c – удельная теплоемкость исследуемого материала, $кДж/(кг \times ^\circ C)$;

ρ – объемная плотность материала, $кг/м^3$.

Коэффициент теплопроводности определялся по формуле:

$$\lambda = R_0 \times (K + \alpha \times c \times \rho) \times \frac{\ln(\tau_n/\tau_m)}{\frac{1}{3} \times \sum \Delta R_i \times 10^3}, \quad \frac{Вт}{м^2 \times ^\circ C} \quad (4)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ

Для оценки влияния атмосферных воздействий на теплотехнические характеристики минераловатных плит «Белтеп» были испытаны образцы нескольких типов.

Коэффициент теплопроводности материала минераловатных плит «Белтеп» определялся для следующих отобранных проб.

«Серия 1»: образцы изготовлены из плит, хранившихся в теплом складе. Средняя плотность материала – около 150 кг/м^3 . Образцы данной серии условно приняты за «эталонные».

«Серия 2»: образцы изготовлены из плит, экспонированных в течение 6 месяцев (июнь...ноябрь 2006 года) на открытом воздухе. Средняя плотность материала – около 183 кг/м^3 .

«Серия 3»: образцы изготовлены из плит, экспонированных в течение 6 месяцев (с ноября 2006 года по апрель 2007 года) на открытом воздухе. Средняя плотность материала – около 170 кг/м^3 .

Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Полученные значения коэффициента теплопроводности

Номер серии образца	Коэффициент теплопроводности λ , $Вт/(м^2 \times ^\circ C)$
Серия 1	0,068
Серия 2	0,066
Серия 3	0,070

ВЫВОДЫ

Анализ полученных значений коэффициента теплопроводности минераловатных плит «Белтеп» позволяет сделать следующее заключение: атмосферные воздействия (экспонирование незащищенного материала на открытом воздухе) практически не влияет на теплотехнические характеристики материала.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Монастырев П.В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен жилых зданий. – М.: Изд-во АСВ, 2002, –160 с.

Материал поступил в редакцию 04.04.08

NOVOSELTSEV V.G., CHERNOIVAN N.V., CHERNOIVAN A.V. Estimation of influence of atmospheric impacts on thermotechnical characteristics of mineral-wadding stabs «Beltep»

The construction for additional thermal protection of external walls of buildings – the warning system «Thermal screen» - is presented in the paper. The results of research on the influence of atmosphere on coefficient quantity of thermal conductivity of mineral-wadding stabs «Beltep» are presented in the paper.

УДК 50.83:681.03+330.111.4

Шведовский П.В., Бурлибаев М.Ж.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕО- И БИОСИСТЕМ

ВВЕДЕНИЕ

Анализ материалов обследования технического состояния и функционирования гео- и биосистем позволяет отметить, что основными причинами их неудовлетворительного функционирования, а соответственно и низкой экологической надежности являются: проектные ошибки (18,9 %), низкое качество строительства (21,2 %), неудовлетворительная эксплуатация (38,6 %) и совокупность всех причин (21,3 %). При этом 26% из них уже проявляются в период адаптации, 29 % – в период оптимального функционирования и 45% – в период массового проявления отказов и формирования критического уровня экологической надежности.

Работами [1, 2, 3] достаточно точно определены связь и зависимость оптимальности функционирования гео- и биосистем с экологической устойчивостью и экологической надежностью.

Так как экологическая надежность может формироваться начальным резервированием, либо ее поэтапным повышением через реализацию соответствующих охранно-восстановительных мероприятий, а состояние среды по основным группам параметров может характеризоваться как «быстро меняющаяся среда» и «прогнозируемо-изменяющаяся среда», то оценка изменения уровня экологической надежности может быть проведена с использованием кривых роста надежности.

Шведовский Петр Владимирович, кандидат технических наук, профессор кафедры оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии УО «Брестский государственный технический университет».

ул. Московская, 267, УО БрГТУ, 224017, г. Брест, Беларусь.

Бурлибаев Малик Жолдасович, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Казахского научно-исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата.

пр. Сейфулина, 597, КазНИИМОСК, 480072 г. Алматы, Казахстан.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее простой является экспоненциальная модель роста экологической надёжности вида [4, 5, 6, 7, 8]

$$P_n = 1 - A' \cdot \exp(-B' \cdot (n - 1)), \quad (1)$$

где P_n – вероятность оптимального функционирования гео- и биосистем после реализации мероприятий, устраняющих критическое состояние определяющей компоненты; A' и B' – расчетные параметры.

В общем случае эта модель представима в виде

$$P_N = P_\infty - \eta' / N, \quad (2)$$

где P_N – вероятность оптимального функционирования системы на N этапе восстановления экологической надёжности; P_∞ – расчётный уровень экологической надёжности, достижимый при $N \rightarrow \infty$; η' – расчётный параметр.

Для определения P_∞ и η' можно воспользоваться методом максимального правдоподобия или методом наименьших квадратов, т.е. расчётные оценки имеют вид:

а) для максимального правдоподобия

$$\left. \begin{aligned} \hat{\eta} &= \frac{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N n_i \cdot \left[\sum_{i=1}^N (n_i - d_i) \cdot N - \frac{N+1}{2} \cdot \sum_{i=1}^N (n_i - d_i) \right]}{\frac{(N+1)}{2} \cdot C_1 - N}; \\ \hat{P}_\infty &= \frac{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N n_i \cdot \left[\frac{C_1}{N} \sum_{i=1}^N (n_i - d_i) \cdot N - \sum_{i=1}^N (n_i - d_i) \right]}{\frac{(N+1)}{2} \cdot C_1 - N} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $C_1 \approx \log(N + 0,5) + 0,577 = \sum_{i=1}^N \frac{1}{i}$;

б) для наименьших квадратов [9]

$$\left. \begin{aligned} \hat{\eta} &= \frac{C_1 \cdot \sum_{i=1}^N \frac{n_i - d_i}{n_i} - N \cdot \sum_{i=1}^N \frac{n_i - d_i}{N \cdot n_i}}{N \cdot C_2 - C_1^2}; \\ \hat{P}_\infty &= \frac{C_2 \cdot \sum_{i=1}^N \frac{n_i - d_i}{n_i} - C_1 \cdot \sum_{i=1}^N \frac{n_i - d_i}{N \cdot n_i}}{N \cdot C_2 - C_1^2} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $C_2 \approx \frac{\pi}{6} - \frac{1}{N+0,5} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{i^2}$; N – число этапов восстановления экологической надёжности; d_i – количество расчетных компонент.

При поэтапном восстановлении экологической надёжности модель роста будет иметь вид

$$\hat{P}_n = 1 - \hat{q}_N - \hat{q}_0, \quad (5)$$

$$\text{где } \hat{q}_0 = \frac{\sum_{i=1}^N d_{C_i}}{\sum_{i=1}^N (d_{C_i} + d_{y_i} + n_i)}$$

$$\hat{q}_N = \left(1 - \hat{q}_0\right) \cdot \max_{S \geq i} \min_{r \leq i} \frac{d_{yr} + \dots + d_{ys}}{d_{yr} + n_2 + \dots + d_{ys} + n_s};$$

d_{C_i} – количество компонент с характерным снижением экологической надёжности по неопределённой причине; d_{y_i} – количество компонент с восстановленным уровнем экологической надёжности; n_i – количество систем, уровень экологической надёжности которых не достиг критического.

Учитывая, что каждая из данных моделей роста экологической надёжности имеет свои ограничения для систем с априорным распределением вероятностей неизвестных параметров, практический интерес представляет методы расчёта экологической надёжности, учитывающие лишь её основные закономерности. Это – метод экспоненциального сглаживания, метод учёта возрастающего характера и метод максимального правдоподобия.

Для метода экспоненциального сглаживания текущая переменная вероятность оптимального функционирования геосистемы может быть описана следующим рекуррентным соотношением [5, 11, 12]

$$\hat{p}_i = \hat{p}_{i-1} + v \cdot \left(y_i - \hat{p}_{i-1} \right), \quad (6)$$

где v – постоянная сглаживания; y_i – текущее значение величины.

При возможности учёта не только текущего значения y_i сглаженной величины, но и ряда предыдущих, соотношение примет вид

$$\hat{p}_i = v \cdot \sum_{k=0}^{i-1} (1-v)^k \cdot y_{i-k} \cdot (1-v)^i \cdot y_0; \quad (7)$$

$$0 \leq v = 2 / (N + 1) \leq 1.$$

При $v = 0$ значение \hat{p} стабильно и нет необходимости использовать новую информацию о процессе изменения экологической надёжности, а $v = 1$ означает, что прошлая информация о процессе недостоверна и за оценку \hat{p}_i следует принять текущее наблюдение (состояние) y_i [6, 8].

Для метода учёта возрастающего характера расчётное соотношение схоже с моделью роста надёжности $\hat{p}_i = 1 - \hat{q}_0 - \hat{q}_i$, т.е.

$$\hat{p}_i = 1 - \hat{q}_0 - \hat{q}_i, \quad (8)$$

где $\hat{q}_0 = \sum_{i=1}^N d_{C_i} / \sum_{i=1}^N n_i$; $\hat{q}_i = \left(1 - \hat{q}_0\right) \cdot d_{y_i} / (d_{y_i} + t_i)$; t_i – число компонент с экологической надёжностью, не достигших критического уровня.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В общем случае вероятность оптимального функционирования систем (\hat{p}) может быть определена только точечной оценкой, так как каждая из n систем функционирует в специфических условиях и достигает критического уровня по строго нефиксированному влиянию подсистем и сочетанию компонент, т. е. $\hat{p} = 1 - d / n$, где n – число рецензированных систем, d – число систем, достигающих критического уровня за расчётный период.

Однако такая оценочная функция является несмещённой, состоятельной и эффективной только при $n \rightarrow \infty$, т. е. большом количестве рецензированных объектов. При анализе вероятности оптимального функционирования конкретных систем ($n \rightarrow \min$) необходимо использовать доверительные границы для \hat{p} как корни \bar{p} и \underline{p} уравнений

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^{d-1} C_n^i \cdot \bar{p}^{-n-i} \cdot (1-\bar{p})^i = \gamma_1; \\ \sum_{i=0}^d C_n^i \cdot \underline{p}^{n-i} \cdot (1-\underline{p})^i = 1-\gamma_2, \end{cases} \quad (9)$$

где $\gamma_1 + \gamma_2 - 1 = \gamma$.

При этом $\text{Вер}\{\underline{p} < p < \bar{p}\} \geq \gamma$, где γ - заданная доверительная вероятность.

Корни \bar{p} и \underline{p} являются квантилями стандартного β -распределения и

$$\bar{p} = f_1(n, d, \gamma_2); \quad \underline{p} = f_2(n, d, \gamma_2). \quad (10)$$

Так как взаимосвязь компонент может быть с прямым или косвенным воздействием, то интервальную оценку параметров эконедёжности и экоустойчивости нужно осуществлять либо по преобладающему типу взаимосвязи (прямые - косвенные), либо по максимальному риску.

При прямом поствзаимодействии компонент нижняя граница \underline{p} доверительного интервала экологической надёжности системы

$$\left[\rho = \prod_{i=1}^N p_i \right] \text{ определится как корень уравнения}$$

$$\left. \begin{aligned} \tilde{p}_N = \sup p_N = 1 - \gamma \\ \prod_{i=1}^N p_i = \rho \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где γ - расчетная доверительная вероятность; p_i - вероятность невыхода компоненты за критический уровень; N - общее число рецензированных компонент.

$$\left. \begin{aligned} P_N = \sum_{k_1=p}^{[x_1]} b(n_1, p_1, k_1) x \dots x \sum_{k_N=0}^{[x_N]} b(n_N, p_N, k_N); \\ b(n_i, p_i, k_i) = C_{n_i}^{k_i} \cdot p_i^{n_i-k_i} \cdot q_i^{k_i}; \\ q_i = 1 - p_i; \\ [x_i] = \left[n_i \left(1 - \hat{p} \prod_{j=1}^{i-1} \left(1 - \frac{k_j}{n_j} \right) \right) \right]; \\ [x_2] = \left[n_2 \cdot \hat{q} \right]; \\ \hat{p} = \prod_{i=1}^N \left(1 - \frac{d_i}{n_i} \right) = 1 - \hat{q}; \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Так как

$$1 - \gamma = \mathcal{S}_p(n - x, x + 1) = \frac{B_p(n - x, x + 1)}{B_1(n - x, x + 1)}, \quad (13)$$

где $\mathcal{S}_p(n - x, x + 1)$ - нормированная неполная β -функция, $B_p(n - x, x + 1)$ - β -функция Эйлера, то при стандартном требуемом значении односторонней утвердительной вероятности $\gamma=0,9$ приближённое значение нижней границы для \underline{p} при $N=12$ будет равно $0,6926 \leq \underline{p} \leq 0,7319$.

При косвенном взаимодействии компонент нижняя граница \underline{p} доверительного интервала экологической надёжности системы

$\underline{p} = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - n_i)$ определится из соотношения

$$\underline{p} = 1 - (1 - f_2(n, d, \gamma))^m, \quad (14)$$

где $d = \sum_{i=1}^m d_i$; $f_2(n, d, \gamma)$ - корень уравнения

$$1 - \gamma = \sum_{k=0}^d C_n^k \cdot p_o^{n-k} = B_i(n, d, p_o),$$

разрешаемого относительно p_o с табулированной функцией.

Тогда соответственно при стандартном требуемом значении доверительной вероятности $\gamma = 0,9$ нижняя доверительная граница \underline{p} вероятности оптимального функционирования системы будет равна $\underline{p} = 0,986$.

Однако следует отметить, что независимо ни от условий функционирования структуры, уровня и ранга системы математическая модель, учитывающая запас по уровню экологической надёжности каждой из компонент, представима в виде

$$\rho = p_0 \left(1 - \sum_{i=1}^N q_i \cdot \eta_i + \sum_{i>j} q_{ij} \cdot \eta_{ij} + \dots + (-1)^{N-1} \cdot q_{1,2,\dots,N} \right), \quad (15)$$

где p_0 - вероятность оптимального функционирования системы при условии отсутствия снижения экологической надёжности компонент до критического уровня; q_i - вероятность достижения критического уровня экологической надёжности любой из i -ой компоненты; η_i - весовой коэффициент для i -ой компоненты, определяющий его функциональную значимость (избыточность); $\eta_{ij}, q_{ij}, \dots, \eta_{1,2,\dots,N}, q_{1,2,\dots,N}$ - весовые коэффициенты компонент и вероятности возникновения парных, тройных и т.д. наложенных процессов снижения экологической надёжности компонент; $\eta_i = 1 - p_i / p_0$; p_i - вероятность оптимального функционирования системы при достижении критического уровня экологической надёжности i -ой компонентой.

Тогда соответственно при независимости процессов достижения компонентами критических уровней экологической надёжности, при $p_0 \approx 1$ имеем

$$\rho = \prod_{i=1}^N (1 - q_i \cdot \eta_i), \quad (16)$$

где $q_i = d_i / n_i$.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования особенностей функционирования большинства гео- и биосистем показывает, что оптимальность их функционирования достаточно полно определяется основными параметрами экологической надёжности и экологической устойчивости, при этом более достоверными являются экспоненциальные модели роста и методы экспоненциального покомпонентного сглаживания накладываемых процессов с учетом доверительных интервалов максимального риска.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бурлибаев М. Ж., Волчек А. А., Шведовский П. В. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах. - Алматы: Каганат, 2003. - 532 с.
2. Бурлибаев М. Ж., Шведовский П. В., Волчек А. А. Концептуальные основы решений экологических проблем // Материал Международной ИПК «Проблемы гидрометеорологии и экологии» Алматы, 2001. - С. 35-37.

3. Шведовский П. В., Лукша В. В. Особенности моделирования функционирования агро- и экосистем методом прогнозов развития биосферных процессов // Вестник БГТУ, 2002. – Сер. 2. – № 2 (20). – С. 19-24.
4. Шведовский П. В., Лукша В. В. Особенности математического моделирования скачков в развитии экологических систем и процессов. Брест: Вестник БрГТУ, 2001. – № 2(18).
5. Гурман В. И. Моделирование процессов в природно-экономических системах. – Новосибирск: Наука, 1982. – 175 с.
6. Ивченко Б. П., Мартыщенко Л. А. Теоретико-информационные методы анализа и статистической интерпритации результатов экологического мониторинга/ Сб. докладов Межд. НТК «Экология и развитие Северо-запада России». – С.-Пб., 1998. – С. 39 – 47.
7. Лукша В. В., Акулич Я. А., Шведовский П. В. Особенности оптимизации структуры и моделирования генетической эволюции гео-, эко- и агроэкологических систем / Сб. трудов регион. конф. «Современные проблемы математики и вычислительной техники». – Брест: БПИ, 1999. – С. 43 – 47.
8. Рапопорт И. А. Математические аспекты абстрактного анализа систем. В кн.: Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 16 – 18.
9. Чернышев М. К. Математическое моделирование иерархических систем. – М.: Наука, 1998. – С. 44 – 49.
10. Шведовский П. В. Особенности оптимизации экологической надежности агроландшафтных систем // Вестник БрГТУ – 2002. – Сер. 2. – № 2 (14) – С. 49 – 51.
11. Кокс Д. Р. и др. Анализ данных типа времени жизни. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 189 с.
12. Braun P., Molnar T., Kleeberg H.-B. The problem of scaling in grid-related hydrological process modelling // Hydrological Processes. – 1997. – Vol. 11. – PP. 1049-1968.

Материал поступил в редакцию 07.03.08

SHVEDOVSKY P.V., BURLIBAEV M.Z. Features of an estimation of probability of optimum performance geo- and biosystems

In article the problem of reliability of an estimation of probability of optimum performance geo- and biosystems is considered.

It is shown, that the most authentic are exponential models of growth and methods of component smoothings in view of confidential intervals of the maximal risk.

УДК 504.75.05: 504.054.001.5

**Рыбак В.А., Феденя В.М., Валентейчик В.В.,
Матвеева В.И., Крись В.В., Глазачева Г.И.**

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ВВЕДЕНИЕ

С развитием современного общества постоянно возрастает интерес к исследованию окружающей среды. Изучение источников и форм загрязнения является актуальной научной задачей, решение которой связано как с организационными, так и методологическими и информационно-аналитическими аспектами.

К последним, прежде всего, относятся нормативы фоновых и предельных концентраций загрязняющих веществ, правила их определения и оценки. Вместе с тем, существующая на сегодняшний день система анализа степени загрязненности окружающей среды (ОС), базирующаяся на концепции предельно допустимых концентраций, на наш взгляд, не в полной мере отражает многокомпонентность загрязнения и многофакторность негативного влияния ОС на здоровье человека.

Для повышения объективности оценки качества ОС с позиций антропоцентрического подхода необходимо, по нашему мнению, контролировать интегральные показатели, отражающие экологическое состояние основных природных сред (атмосферный воздух, почвенный покров, водные объекты, лесопарковые насаждения), оказывающих наибольшее влияние на человека в реальных условиях современного города.

ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, целью исследования явилась комплексная оценка состояния ОС г. Бреста и прилегающих территорий, перспективных для расширения городской черты.

Формирование современной экологической ситуации в городе определяется совокупным действием природных и техногенных факторов, включая градостроительную обстановку. Основу планиро-

вочного каркаса города составляют градообразующие оси – основные магистрали, выводящие на главные внешние территориальные направления и транспортные связи между столицами соседних европейских государств: Минском, Варшавой и Москвой. Градообразующим осям в определённой мере соответствуют природные оси – долины рек Мухавца и Западного Буга. В целом, в пределах существующей городской границы можно выделить следующие градо-строительные районы: центральный административно-жилой, северный промышленный, восточный промышленный, южный жилой, западный историко-культурный (мемориал «Брестская крепость»).

Территория, на которой расположен г. Брест, с учётом природных особенностей, ландшафтной и градостроительной ситуации, была дифференцирована нами на 9 районов:

- 1) Северо-западный агрохозяйственный район с преобладанием сельской застройки на пониженных участках озёрно-аллювиальных равнин с преобладанием элювиально-аккумулятивных ландшафтов;
- 2) Северный район промышленный малоэтажной застройки на повышенных участках водноледниковой равнины с преобладанием элювиальных ландшафтов;
- 3) Центральный район многоэтажной застройки на повышенных участках моренных и водноледниковых равнин с преобладанием элювиальных ландшафтов;
- 4) Северо-восточный район малоэтажной застройки на плоских участках водноледниковой равнины с преобладанием элювиально-аккумулятивных ландшафтов;
- 5) Восточный промышленный район многоэтажной застройки на плоских участках водноледниковых равнин с преобладанием элювиально-аккумулятивных ландшафтов;

Рыбак Виктор Александрович, кандидат технических наук, начальник программно-технического отдела Академии управления при Президенте Республики Беларусь.

ул. Московская, 17, 220007, г. Минск, Беларусь.

Феденя Валентин Михайлович, к.г.л.н., заместитель директора по научной работе РУП БелНИЦ «Экология».

Валентейчик Виталий Владимирович, старший научный сотрудник РУП БелНИЦ «Экология».

Матвеева Валентина Ивановна, к.с./х.н., ведущий научный сотрудник РУП БелНИЦ «Экология».

Крись Вадим Валентинович, научный сотрудник РУП БелНИЦ «Экология».

Глазачева Галина Ивановна, к.хим.н., старший научный сотрудник РУП БелНИЦ «Экология».

ул. В.Хоружей, 31А, «Экология», 220002, г. Минск, Беларусь.