

Установлено, что накопление SO_3 в образцах цементного раствора с введением в сульфатный раствор бикарбонатной щёлочности 2,8 мг-экв/л уменьшается в 1,5–2,0 раза, а при концентрации иона HCO_3^- 5,6 мг-экв/л в 2–3 раза по сравнению с накоплением SO_3 в образцах в сульфатном растворе. В растворах, содержащих одновременно гидрокарбонатные и хлоридные ионы (соотношение концентраций соответственно 1:2) наблюдается снижение скорости поглощения сульфатных ионов примерно в 2,5 раза по сравнению с накоплением SO_3 в сульфатно-гидрокарбонатном растворе.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при содержании в сульфатном растворе одновременно гидрокарбонатных и хлоридных ионов образование гидросульфатоалюмината кальция в трёхсульфатной форме значительно замедляется.

Уменьшение содержания трёхсульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция должно уменьшить коррозионное действие сульфатного раствора, так как объём новообразований сульфатсодержащих фаз – гипса и моносульфата не вызывает больших растягивающих напряжений в цементном камне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ступень, Н.С. Исследование системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ в присутствии ионов SO_4^{2-} и HCO_3^- / Н.С. Ступень, Б.С. Шевченко, Ю.В. Волянчук // *Вестник Брэсцкага ун-та.* – 2003. – № 2. – С. 55–61.
2. Питьева, К.Е. Гидрохимия / К.Е. Питьева – М.: Наука, 1971. – 256 с.
3. Москвин, В.М. О роли ионного и солевого состава раствора при сульфатной коррозии бетона. / В.М. Москвин, Г.В. Любарская // *Бетон и железобетон.* – 1982. – № 9. – С.16–18.

УДК 614.8+504.061.2:502.171

Шведовский П.В., Лукша В.В., Шведовская Д.В.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОБЛЕМ В ЭКОСИСТЕМАХ

Features of the probability forecast of occurrence of technogenic problems in ecological systems on the basis of mathematical forecasting models of probability are considered. Variation principles with working out of methods of construction of extreme laws of distribution of parameters of ecological systems in the conditions of the limited information on tendencies of development nature protection technologies are used.

За последнее десятилетие значительно возросло количество региональных техногенных проблем в экосистемах, обуславливающих динамическое изменение общеэкологической ситуации и, соответственно, рост глобальных проблем. Чрезвычайная сложность формирования экологических процессов и оценки эффективности природоохранных и природовосстановительных технологий обуславливается, во-первых, неопределенностью как внутренних факторов (сложность структур экологических и экологоэкономических систем, неадекватность передачи информации с одного уровня ис-

рархической структуры на другой и т.д.), так и внешних (ограниченность существования стационарных геосистем, незнанием и, соответственно, и не учетом всего комплекса внешних воздействий на экосистему), а во-вторых – неопределенностью, вызванной разнообразием природоохранных технологий и условий существования экосистем.

Поэтому прогноз значимых качественных изменений в структуре экосистем относится к группе достаточно сложных практических задач.

Высокая цена ошибочных решений при прогнозировании экологических процессов обуславливает необходимость обращения к методологии системно-информационного анализа сложных процессов и систем и базирования исследований не на классических моделях, а на моделях, сформированных на рандомизации параметров закона Пуассона или использующих аппарат производящих функций, принцип неопределенности и лагранжевые вероятностные распределения [1].

Системно-информационный анализ, особенно региональных экологических проблем, обуславливает необходимость учета фактора неопределенности и стохастичности как объективных свойств условий, сопутствующих всему процессу развития экосистем.

Отсюда построение математических моделей требует использования вариационных принципов с разработкой методов построения экстремальных законов распределения параметров экосистем в условиях ограниченной информации по тенденциям развития природоохранных, природовосстановительных, ресурсосберегающих и эргономических технологий как высшего, так и низшего порядков.

И если, в целом, задача определения вероятности пребывания экосистем в начальном (естественном) состоянии за прогнозируемый период решена [2], то не менее существенная проблема определения вероятности того, что система, находящаяся в данный момент в состоянии i , после очередного перехода окажется в состоянии j .

Переходные вероятности P_{ij} в совокупности составляют квадратную матрицу $\Pi = \|P_{ij}\|$, ($i, j = 1, 2, \dots$) вида (1), для которой $0 < P_{ij} \leq 1$.

$$\Pi = \|P_{ij}\| = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1j} & \dots & P_{1k} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2j} & \dots & P_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ij} & \dots & P_{ik} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{k1} & P_{k2} & \dots & P_{kj} & \dots & P_{kk} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Так как система обязательно должна попасть в некоторое и только одно состояние после очередного перехода, то $\sum_{j=1}^k P_{ij} = 1 (i = 1, \dots, k)$.

Для однородной (по времени) марковской цепи вероятности перехода от шага к шагу не меняются и однозначно могут быть заданы матрицей $\Pi = \|P_{ij}\|$.

По формуле полной вероятности для простых цепей Маркова имеем

$$P_i^{(k)} = \sum_{j=1}^n P_{ij}(k-1)P_j^{(k)} (i = 1, \dots, n), \quad (2)$$

где $P_i^{(k)} = P(S_i^{(k)} / S_i^{(k-1)})$ – условная вероятность перехода системы из состояния S_i в состояние S_j на каждом шаге.

В случае, когда отсутствует количественная информация о значениях P_{ij} матрицы целесообразно при ее формировании использовать оценки Фишборна и их модификации. Рассмотрим это на примере. Экосистема S в каждый момент времени может находиться в одном из K возможных состояний S_1, S_2, \dots, S_k со следующим порядком предпочтения: $S_1 > S_2 > \dots > S_k$.

Это отношение означает, что нахождение системы S в первом состоянии после очередного шага наиболее вероятно, чем во втором и т.д. Другой информации о вероятности нахождения системы в каждом из состояний не имеется (информационная ситуация характеризуется неопределенностью).

Воспользуемся информационным подходом, при котором вводится в рассмотрение так называемая функция неопределенности вида

$$H = [\Pi_1(0)] [\Pi_2(0)] \dots [\Pi_k(0)] = \prod_{i=1}^k [\Pi_i(0)]^{k-i+1}. \quad (3)$$

Эта функция (мера неопределенности) является функцией неопределенности второго рода, и она обладает тем свойством, что ее максимум для простого отношения порядка ($S_1 > S_2 > \dots > S_k$) достигается на так называемых оценках Фишборна

$$\Pi_i(0) = \frac{2(k-i+1)}{k(k+1)}, \quad i=1, \dots, k. \quad (4)$$

Действительно, решая задачу на условный экстремум при мере неопределенности

$$H = \left[\prod_{i=1}^k \Pi_i(0) \right]^{k+1} \rightarrow \max_{\Pi_i(0)} \quad (5)$$

$$\text{имеем } \hat{\Pi}_i(0) = \frac{2(k-i+1)}{k(k+1)}$$

В случае, когда совокупности возможных состояний S нельзя поставить в соответствие, простое отношение порядка $S_1 > S_2 > \dots > S_k$, а имеет место упорядоченное отношение состояний общего вида $(\dots, S_{i-1} > S_i(S_{i+1}, \dots, S_{i+m_i}) > S_{i+m+1}(S_{i+m+2}, \dots))$, то для такого случая количественная оценка вероятности перехода из одного состояния в другое состояние, определяемое на основе принципа максимума неопределенности, имеет вид

$$P_i = \frac{k-i+1}{S}; \quad S = \sum_{i=1}^l m_i(k-i+1), \quad l = k - \sum_{i=1}^k (m_i - 1). \quad (6)$$

Если число переходов системы из одного состояния в другое часто является величиной случайной (недетерминированной), то целесообразно применять дискретные марковские цепи. Вероятность состояния такой экосистемы можно определить следующим образом.

Так как экосистема S находится в начальном состоянии, вектор начальных вероятностей которого определяется вектор-строкой $\Pi(0)$, она может осуществлять случайное число r переходов с законом распределения $p_k = P(r=k)$, $k=0, 1, \dots$

Очевидно, что при случайном r осредненная вектор-строка будет определяться следующим образом

$$E[\Pi(k)] = \Pi(0) \sum_{k=0}^{\infty} P_k \Pi^k, \quad (7)$$

где E – символ математического ожидания, и учитывая то, что Π – квадратная матрица, а k – натуральное число, то при Пуассоновом законе распределения числа переходов системы $R_k = \frac{v^k e^{-v}}{k!}$, где v – среднее число переходов, имеем

$$E[\Pi(k)] = \Pi(0) \sum_{k=0}^{\infty} \frac{v^k e^{-v}}{k!} \Pi^k. \quad (8)$$

При этом вместо переходных вероятностей P_{ij} матрицы можно использовать плотность вероятности перехода $\lambda_v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}$, где $P_{ij}(\Delta t)$ – вероятность того, что экосистема, находящаяся в момент t в состоянии S_i , за время (Δt) перейдет из него в состояние S_j .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивченко, Б.П. Информационная экология / Б.П.Ивченко, Л.А.Мартыщенко. – Санкт-Петербург: Норд-Метиздат, 1998. – 199 с.
2. Бурлибаев, М.Ж. Чрезвычайные интуиции в природной среде / М.Ж.Бурлибаев, А.А.Волчек, П.В.Шведовский [и др.] // Алматы: Каганат, 2011. – 353с.

УДК 628.337

Яловая Н.П., Строкач П.П.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

ЭФФЕКТ УДАЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ В ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СМЕШАННОГО ЖЕЛЕЗО-АЛЮМИНИЕВОГО КОАГУЛЯНТА

Основные критерии качества питьевой воды состоят в том, что питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении, безвредна по химическому составу и обладать благоприятными органолептическими свойствами [1]. Данные критерии положены в основу Руководства по контролю качества питьевой воды Всемирной организацией здравоохранения [2].

При оценке степени риска здоровью населения среди многих видов загрязнений наиболее важную роль играют микробиологические загрязнения. Известно, что опасность заболеваний от микробиологических загрязнений воды во много тысяч раз выше (до 100 000 раз), чем при загрязнении ее химическими соединениями различной природы. согласно требованиям санпина 10-124 рб 99 [1] безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется отсутствием в ней болезнетворных бактерий, вирусов и простейших микроорганизмов, ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям.

Вода, загрязненная кишечными вирусами, является причиной распространения таких заболеваний, как полиомиелит, серозный менингит, гепатиты, гастроэнтериты, кератоконъюнктивитная лихорадка и др.