

## Простейшие математические модели для прогноза экологических проблем и их применение в системах охраны окружающей среды

Н. М. Ларионов, А. И. Литвинов, А. И. Пирогов

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Показано, что прогноз экологических процессов в среде обитания человека, особенно в ситуациях, угрожающих разрушением Природы, важен практически: человечество должно успеть изыскать достаточно средств для восстановления планетарного здоровья. Авторы исходят из практической важности прогноза при разработке его простейших математических моделей: определяют необходимые исходные требования и выбирают математический инструмент. На простых примерах прогнозирования события и определения среды реализации этого события иллюстрируется применение моделей. По мнению авторов, поскольку математические (аналитические) модели не требуют большого количества статистических данных о наблюдаемых процессах, их применение доступно широкой общественности, которая имеет намерение контролировать эффективность работы системы охраны окружающей среды, т. е. реализовывать некоторые элементы обратных связей экосистемы нашей планеты.

*Ключевые слова:* экосистема; экологическая проблема; окружающая среда; концентрация вредных веществ; математическая модель прогноза.

Объектом прогноза как научного предсказания может быть некоторое событие, процесс (развитие явления) и особенности его взаимодействия с другими объектами. Рассмотрим совокупность процессов, определяющих экологическое состояние планеты Земля, и их влияние на жизнь растительного и животного мира.

Отметим особенности, характеризующие данные процессы.

1. *Многомерность:* множество природных процессов, каждый из которых определяется многими параметрами.

2. *Протяженность:* воздействующие факторы распределены по всей поверхности планеты и охватывают среди прочего особенности деятельности человечества.

3. *Инерционность:* нейтрализация особенно губительных для жизни животного мира процессов требует значительных усилий и большого запаса времени.

Отмеченные характеристики вполне убедительно показывают: невозможно создать математическую модель, которая могла бы достаточно точно описать состояние окружающей среды для произвольного момента времени. В теории больших систем это называется проблемой размерности. Поэтому обратимся к прогнозу разрушения окружающей среды, когда признаки угрозы жизни на планете становятся очевидными.

В общем случае распространение разрушающих веществ (отходов деятельности человечества) идет по трем направлениям: а) атмосфера (среда  $C_1$ ); б) вода (среда  $C_2$ ); в) почва (среда  $C_3$ ).

Рассмотрим отличительные черты названных сред  $C_1$  и  $C_2$ , не затрагивая их возможных взаимодействий.

*Среда  $C_1$ .* Принимает все вредные выбросы в атмосферу локально: в пределах вредоносного действия. Вредные

вещества за счет атмосферных явлений растекаются и формируют общее «грязное покрывало» планеты.

**Среда  $C_2$ .** Водные ресурсы планеты.

*Реки* — среда  $C_{21}$ : а) переносят вредные элементы от источника загрязнений в озера и моря; б) часть загрязнений оставляют в почве берегов.

*Озера* — среда  $C_{22}$ : принимают локальные загрязнения и принесенные реками.

*Открытые моря* — среда  $C_{23}$ : принимают локальные загрязнения, а также принесенные реками и морскими течениями из соседних морей.

Далее выделим черты, появляющиеся в связи с взаимообменом вредными веществами.

Среда  $C_1$  может дополнительно принимать вредные выбросы из среды  $C_2$ , но в незначительных количествах. Однако становится мощным разрушителем, получая из среды  $C_2$  огромные количества влаги в виде испарений и теряя эту влагу в виде дождя и снега.

Среда  $C_2$  получает огромные количества вредных веществ в процессе промывки «грязного покрывала» среды  $C_1$ . Кроме того, среда  $C_2$  пополняется вредными элементами из среды  $C_3$  в процессе вымывания их из почвы.

**Среда  $C_3$**  получает большинство вредных веществ из «грязного покрывала» среды  $C_1$ . Конечно, почву по берегам рек, озер и морей загрязняет и среда  $C_2$ .

Анализ особенностей сред  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  достаточно выразительно иллюстрирует многомерность процессов, определяющих состояние окружающей среды: множество источников вредных для жизни Природы веществ и бесчисленное число точек, поглощающих эти вещества. Такая многомерность не способствует получению простых математических моделей для прогноза экологических проблем.

Построим математические модели для двух случаев.

— Модель  $M_1$ . Окружающая среда отдельного объекта растительного и животного мира — наблюдаемая точка среды  $C_1$ . Объект (растение или животное) потребляет атмосферу.

— Модель  $M_2$ . Окружающая среда отдельного объекта растительного и животного мира — наблюдаемая точка среды  $C_3$ , не обладающая свойством самовосстановления. На выделенную точку воздействует среда  $C_1$  во время промывки «грязного покрывала» планеты.

Примем следующие обозначения: пусть  $p$  — параметр, определяющий состояние окружающей среды в наблюдаемой точке. Обозначим его состояние при первом наблюдении как  $p_0$ . Известно, что при значении  $p = p_T$  окружающая среда становится непригодной для объекта (растение или животное). В этом случае говорят, что величина параметра  $p$  достигла предельно допустимого значения  $p_T$ . Математическая модель прогноза состояния параметра  $p$  предполагает построение формулы для расчета величины наблюдаемого параметра:  $p = p(t)$ , где  $t$  — время (число лет) наблюдения параметра от момента первого наблюдения  $t_0 = 0$ . Особый интерес представляет величина  $T$ , которая определяется из формулы:  $p_T = p(T)$ . Из этой формулы следует, что через  $T$  лет окружающая среда становится непригодной для объекта: величина  $T$  сигнализирует о появлении экологических проблем в наблюдаемой точке Природы планеты.

Для построения формулы (модели) прогноза  $p = p(t)$  определим исходные условия, которые должны быть учтены:

1) если объем производства в основных странах-разрушителях ежегодно увеличивается в  $k$  раз, будем считать, что вредных веществ в Природу поступит тоже в  $k$  раз больше;

2) будем считать, что число участников разрушения экосистемы Земли не меняется в течение всего периода  $T$  прогноза;

3) будем считать, что вредные вещества поступают к объекту наблюдения отдельными порциями. При построении конкретных моделей прогноза будем уточнять свойства отдельных порций и схему их поступления в область потребления объекта.

В модели  $M_1$  объект наблюдения потребляет атмосферу. Будем считать, что при этом объект остается здоровым при условии: значение параметра, определяющего состояние окружающей среды, не превосходит допустимого уровня:  $p < p_T$ .

В модели  $M_2$  объект среды  $C_3$  не обладает свойством самовосстановления. Примем условие: промывка «грязного покрывала» осуществляется один раз в конце каждого года.

Определим общие требования по применению данных моделей Глобальной (планетарной) службой охраны Природы:

1) выделить на планете некоторое количество болевых точек, которые сигнализируют о приближении экологической беды максимально выразительно;

2) регулярно наблюдать за состоянием параметров, определяющих степень разрушения окружающей среды, в целях предупреждения о грядущей опасности.

Подведем итог: простейшие математические модели для прогноза экологических проблем могут стать активными защитниками жизни на планете Земля.

### Литература

1. **Литвинов А. И.** Приэльбрусье — «Окно» в экосистему Земли. Экологические проблемы // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2015. № 4 (8). С. 47—56.

2. **Литвинов А. И.** Роль климатических особенностей Кавказа в выявлении экологических проблем Земли // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2016. № 1 (9). С. 47—55.

3. Карта Приэльбрусья: с гостиницами и отелями // Приэльбрусье: горнолыжный курорт = Ski Resort [Электронный ресурс] / Гостиницы в Приэльбрусье и отели в Приэльбрусье. Соп. 2015. URL: <http://prielbrusie-ski.ru/map/> (дата обращения: 26.04.2016).

**Ларионов Николай Михайлович** — кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной экологии (ПЭ) МИЭТ. E-mail: [lnm1005@yandex.ru](mailto:lnm1005@yandex.ru)

**Литвинов Александр Иванович** — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры высшей математики № 2 (ВМ-2) МИЭТ. E-mail: [tahalus@rambler.ru](mailto:tahalus@rambler.ru)

**Пирогов Александр Иванович** — доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой философии, социологии и политологии (ФСИП), декан факультета (института) экономики, управления и права МИЭТ. E-mail: [egdek@miec.ru](mailto:egdek@miec.ru)