

порами, по которым эманации свободно и беспрепятственно переносятся к земной поверхности под действием диффузии, адвекции или эффузии [4]. Описание этих режимов в работе проведено с помощью дробного исчисления.

Доля квазиизолированных пор и проводных каналов связана с фрактальной размерностью грунта, которая изменяется в зависимости от деформационных возмущений в земной коре. Поэтому радоновые эманации изучают еще с целью прогнозирования сильных землетрясений [5].

Работа выполнена в рамках проекта №12-И-ОФН-16 «Фундаментальные проблемы воздействия мощными радиоволнами на атмосферу и плазмосферу Земли» и при поддержке Министерства образования и науки РФ по программе стратегического развития ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный университет им. В. Беринга» на 2012–2016 гг.

#### Литература

1. Граммаков А. Г., Никонов А. И., Тафеев Г. П. *Радиометрические методы поисков и разведки урановых руд*. М.: Госгеотехиздат. 1957. 610 с.
2. Булашевич Ю. П., Хайритдинов Р. К. *Диффузия эманации в пористых средах* // Изв. АН ССР. Сер. геофиз. 1959. №12. С. 1787–1792.
3. Смирнов С. Н., Герасимов Д. Н. *Радиационная экология. Физика ионизирующих излучений*. М.: МЭИ. 2006. 326 с.
4. Новиков Г. Ф. *Радиометрическая разведка*. Л.: Недра. 1989. 407 с.
5. Фирстов П. П., Рудаков В. П. *Результаты регистрации подпочвенного радона в 1997–2000 гг. на Петропавловске-Камчатском геодинамическом полигоне* // Вулканология и сейсмология. 2002. №6. С. 1–16.

## СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ МОДЕЛИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ С ПОРОГОВЫМ ЭФФЕКТОМ ОЛЛИ

А.Ю. Переварюха

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Санкт-Петербург, Россия  
{madelf}@pisem.net

В докладе представляется вычислительная модель в виде системы ОДУ для описания воспроизводства популяций рыб в рамках теории формирования пополнения Рикера — Нива [1]. Новая модель запас-пополнение анализируется в инструментальной среде как дискретно-непрерывная бистабильная динамическая система, имеющая неустойчивое «критическое равновесие».

Концепция зависимости между запасом и пополнением рассматривает ранние стадии развития до определенного момента жизненного цикла. Модель Рикера позволяет описывать наблюдаемое снижение численности пополнения при увеличении численности запаса, в этом случае повышенная плотность популяции становится негативным фактором, увеличивающим смертность. Предполагается, что смертность определяет начальная численность поколения. Формулу  $R = aSe^{-bS}$  можно получить из решения уравнения с приведением коэффициентов:

$$\frac{dN}{dt} = -(\alpha N(0) + \beta)N(t), \quad t \in [0, \tau].$$

Константы заданного на промежутке времени ОДУ соотносятся с константами формулы Рикера:  $a = \lambda \exp(-\beta\tau)$ ,  $b = \alpha\tau$ ,  $\lambda$  — средняя плодовитость особей популяции,

определяющая начальные условия  $N(0) = \lambda S$ . Создание новых моделей предпринято после изучения данных об искусственном и естественном воспроизводстве осетровых Каспия для задачи выяснения диапазона устойчивости популяции к интенсивному промыслу. Разработана модель для учета резкого снижения воспроизводства при деградации и низкой плотности на нерестилищах (эффект Олли) и влияние роста особей на темп убыли численности поколения:

$$\frac{dN}{dt} = -(\alpha w(t)N(t) + \theta(S)\beta) N(t), \quad \frac{dw}{dt} = \frac{g}{N^k + \zeta}, \quad \theta(S) = \frac{1}{1 - \exp(-cS)},$$

где  $S$  — величина нерестового запаса;  $w(t)$  — уровень размерного развития поколения;  $g$  — параметр, учитывающий ограниченность количества доступных кормовых объектов; убывающая функция  $\theta(S) \rightarrow 1$  при  $S \rightarrow \infty$ , и введена для учета эффекта резкого снижения эффективности воспроизводства при деградации нерестового стада;  $\zeta$  — параметр, учитывающий ограничение темпов развития, не зависящие от численности;  $k \in [1/2, 1)$ ;  $c < 1$  — степень выраженности эффекта Олли;  $\alpha$  — мгновенный коэффициент компенсационной смертности;  $\beta$  — мгновенный коэффициент декомпенсационной смертности;  $t \in [0, T]$  — специфичный интервал уязвимости.

Совершенствование модели с точки зрения теории этапности развития организмов требует создания непрерывно-событийных моделей в виде систем с динамически переопределяемой правой частью.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-07-00066.

#### Литература

1. Ricker W. *Stock and recruitment* // J. of the Fisheries research board of Canada. 1954. Vol. 11, no. 5. P. 559–623.

## ОБ ОПИСАНИИ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА В ТЕРМИНАХ БИКВАТЕРНИОНОВ

Н.Я. Радыно

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

mir@bsu.by

Предлагается подход, в терминах которого задачи классической механики могут быть описаны в терминах функций со значениями в гиперкомплексных числах [1, 2]. Оказывается, в рамках предлагаемого подхода можно построить бикватернионную модель движения тела вблизи поверхности земли и сформулировать задачу Кеплера на языке дифференциальных уравнений для функций со значениями в кватернионах.

Кроме того, задача о движении твердого тела может быть описана в терминах функций со значениями в бикватернионах.

**Теорема.** *Движение твердого тела можно представить как решение дифференциального уравнения следующего вида:*

$$\frac{dw}{d\Phi} = \mathbf{n}w,$$

где  $\mathbf{n}$  — бикватернион,  $\Phi$  — дуальная переменная,  $w$  — функция дуальной переменной со значениями в бикватернионах.