

THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
THE ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE FOR SCIENTIFIC AND TECHNICAL INFORMATION (VINITI)

# PROBLEMS OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES

Review information

№ 8

Founded in 1972

Moscow 2015

A Monthly Journal

CHIEF EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

*Arskij Yu. M.*, Academician of the Russian Academy of Sciences

Editorial Board Members:

*Borisenko I. N., Kartseva E. V., Koroleva L. M., Kravtsov V. F.,*

*Ostaeva G. Y., Potarov I. I., Schejmina I. A., Yudin A. G.*

Editorial office: 125190, Russia, Moscow, Usiyevich st., 20  
The All-Russian Research Institute for Scientific and Technical Information  
Department of Scientific Information on Global Problems

Telephone: 499-152-55-00  
ipotarov37@mail.ru

© VINITI, 2015

БП
2

3-46 / Memo 3, 143 2015. 34

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рус.  
Рез. англ.

УДК 502/504:001

ИМИТАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ  
И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кандидат техн. наук **Потапов И.И.**

(Всероссийский институт научной и технической информации РАН, г. Москва

ipotarov37@mail.ru),

доктор физ.-мат. наук, профессор **Крашвин В.Ф.**,

кандидат физ.-мат. наук **Солдатов В.Ю.**

(Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, г. Москва)

**SIMULATION SYSTEM FOR HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL  
INVESTIGATIONS**

**Potarov I. I., Kravtsov V. F., and Soldatov V. Yu.**

*Модель, диагностика, алгоритм, спектральный образ, спектральный счетчик,  
имитационная система, прогноз, водная система*

*Model, diagnostics, algorithm, spectral image, spectrocellipsometer,  
simulation system, prognosis, water system*

*Предлагаемый обзор нацелен на:*

- 1) описание эффективной информационно-моделирующей и экспериментальной технологии для диагностики и прогнозирования чрезвычайных процессов в окружающей среде с ориентацией на гидрологические и гидрохимические явления, включая стрессовые ситуации типа наводнений, подтоплений, перувлажнения, засух, лесных и торфяных пожаров, загрязнения водоемов и других процессов, приводящих к нарушению нормальных условий жизни на конкретной территории;
  - 2) характеристическую методику диагностики подсистем окружающей природной и природно-технологической сред, основанных на сенсорах микроволнового и оптического диапазонов электромагнитного спектра; и
  - 3) описание алгоритмов для обработки данных мониторинга окружающей среды, обеспечивающих оперативное и надежное принятие статистических решений о наступлении чрезвычайной ситуации в окружающей среде.
- Данная работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант №13-01-00023)

*Proposed review is aimed on:*

- 1) description of efficient information-modeling and imitative technology for the diagnostics and prognosis of the extreme environmental processes with the orientation on the hydrological and hydrochemical phenomena including stressful situations such as floods, submergence, overwetting, droughts, wildfires, water pollution and other processes that lead to the disturbance of normal living conditions on given territory by natural and anthropogenic causes;

О точности имитации с применением ИСМГЭ можно судить по сопоставлению кривых изменения расходов взвешенных наносов через гидроствор Г. Сопоставление рассчитанных и измеренных величин показывает, что прогноз на неделю вперед дает сопоставимые результаты. Отклонение прогноза не превышает нескольких процентов. Расчетные оценки оказываются более сглаженными по сравнению с экспериментальными измерениями. Такое расхождение, по-видимому, можно объяснить неточностью экспериментальных данных и несоответствием положений границы Г и мест, где брались пробы.

Из результатов моделирования следует, что пространственное расхождение прогнозных данных с экспериментально определенными распределениями характеристик лагуны незначительно. Однако, чтобы дать количественную оценку величины невязки результатов моделирования  $\xi_i$  и экспериментальных оценок  $\xi_i^*$  базовых гидрофизических параметров введем, например, интегральный индикатор  $v$ , показывающий усредненные по пространству и показателям качества среды расхождения между гидрофизическими компонентами акватории:

$$v(t) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M \left| \xi_i(t, \phi, \lambda, z) - \xi_i^*(t, \phi, \lambda, z) \right| / \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M \xi_i^*(t, \phi, \lambda, z)$$

На рис. 14 приведен пример расчета индикатора  $v$  в зависимости от глубины прогноза. Видно, что при задании порога достоверности легко определить частоту измерений характеристик акватории системы во времени. В данном примере количество распределенных по акватории точек измерения составило 10. Безусловно, индикатор  $v$  зависит от этого количества, а также от размещения пунктов сбора данных. К сожалению, здесь трудно дать объективную рекомендацию, так как выбор мест дислокации пунктов сбора данных и их количество является самостоятельной задачей.

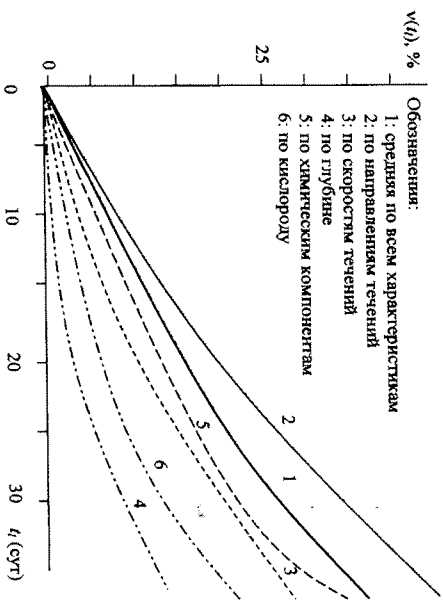


Рис. 14. Зависимость невязки прогноза от его глубины во времени для интегрального показателя  $v$  и отделимо для некоторых характеристик лагуны Ньюок Нгот. В качестве экспериментальных данных использованы результаты экспедиции в марге-аппете 2001 г.

### Рекомендации по организации измерений

Проведение измерений характеристик гидрофизического объекта требует больших экономических затрат. Поэтому задача оптимизации натуральных измерений является не только важной с научной точки зрения, но и с экономических позиций. Проведенные в данной главе расчеты по оценке предложенных алгоритмов и имитационной модели позволяют сделать вывод о том, что ИСМГЭ с достаточной точностью обеспечивает восстановление пространственного распределения по акватории гидрофизического объекта его характеристик, основываясь на эпизодических измерениях *in situ*.

Рассмотренная акватория лагуны Ньюок Нгот может служить типовым эталоном мезомасштабного гидрофизического объекта, связь которого с открытым морем обеспечивается четко определенной границей. Как показали расчеты все гидрофизические и физико-химические характеристики лагуны однозначно зависят от процессов на этой границе и процессов на границе «суша-лагуна». Последние включают речной и береговой стоки. Следовательно, если в базе данных и базе знаний ИСМГЭ регулярно обновлять информацию об этих процессах, то проведение измерений на территории самой лагуны не требуется.

Следуя эволюционной технологии синтеза решающих устройств на элементной базе оптоэлектроники можно предложить многоканальную измерительную систему, оснащенную ИСМГЭ и размещенную на плавающей лаборатории. Примерная схема такой системы представлена на рис. 15.

Здесь под спецпроцессорами понимается совокупность программных средств, если используется компьютер, или решающих устройств, если создаются оптоэлектронные блоки, обеспечивающие реализацию используемых алгоритмов и моделей.

Безусловно, когда рассматривается крупномасштабный гидрофизический эксперимент, то его планирование требует учета огромного количества факторов, совокупное рассмотрение которых возможно лишь с применением ГИМС-технологии. В частности, применение дистанционных методов измерения характеристик гидрофизических систем требует знания корреляционных зависимостей между множеством параметров. Хорошо известно, например, осадки существенно влияют на распространение радиоволн S-диапазона. Поэтому применение микроволновой радиометрии в системах экологического мониторинга необходимо учитывать эффект ослабления радиоволн в дождях и облаках [24,30].

Гидрофизические исследования в последние годы начали охватывать такие области как взаимодействие лесных экосистем с элементами глобального водного баланса. Вель лесные экосистемы интерактивно связаны с климатической системой, а моделирование последней невозможно без учета гидросферных процессов. В связи с этим в рамках USGCRP разрабатываются модели гидрологических процессов с учетом влияния наземных экосистем. В лесной экосистеме гидрологический цикл достаточно сложен, так как он включает множество обратных связей между биологическими, физическими и химическими процессами. Например, часть дождя, выпавшего на территории, занятой лесом, перехватывается пологом леса и достаточно быстро испаряется. Достигшая грунта часть дождя инфильтруется в почву, где частично поглощается корнями растений, а оставшаяся часть переходит в грунтовые воды. Скорость круговорота воды на территории леса значительно зависит от типа почвы и состава ее органического вещества. Так в северных широтах леса теряют 400-500 мм воды за счет транспирации и испарения с кроны. Существующие компьютерные модели глобального и регионального круговорота воды, как правило, взаимозависимы от климатических моделей, а потому мало эффективны.