

ВМ

11000 АА, до 0001. 11

БП  
2

### ПРИМЕНЕНИЕ ГИМС-ТЕХНОЛОГИИ В ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Канд. техн. наук И. И. Потанов<sup>1</sup>, канд. физ.-мат. наук В. Ю. Солдатов<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Всероссийский институт научно-технической информации РАН, г. Москва,  
<sup>2</sup> Институт радиотехники и электроники РАН, г. Москва

ipotanov37@mail.ru

ГЕОПР  
2

### AN APPLICATION OF GIMS-TECHNOLOGY IN HYDROPHYSICAL EXPERIMENTS

I. I. Potanov, V. Yu. Soldatov

Рис.  
Рез. англ.

ГИМС, гидрофера, модель, балансное уравнение.

GIMS, hydrosphere, model, balance equation.

Обсуждены вопросы обработки больших потоков данных при реализации гидрофизического эксперимента. Рекомендовано применение геоэкологической информационно-моделирующей системы (ГИМС), которая практически является элементом технологии Big Data. В качестве базового элемента ГИМС-технологии используется модель регионального водного баланса.

*It is discussed the questions of big data processing when hydrophysical experiment is realized. It is recommended the using geoeological information-modeling system (GIMS) which practically is an Big Data technology element. The regional water balance model is recommended as the GIMS-technology basic element.*

Задача автоматизации гидрофизических, гидрохимических и геофизических исследований на конкретной территории требует классификации элементов акватории к другим территориям [1-11]. Для параметризации гидросферной части территории и создания универсальной схемной обложки системы покроем всю территорию сеткой с шагом  $\Delta\varphi$  по широте  $\varphi$  и  $\Delta\lambda$  по долготе  $\lambda$ . Площадь каждой ячейки будет равна  $\sigma_{\Delta} = \Delta\varphi \cdot \Delta\lambda \cdot k_{\varphi} \cdot k_{\lambda}$ , где  $k_{\varphi}$  и  $k_{\lambda}$  - количество км в 1° широты и долготы соответственно. Переходя к дискретной нумерации ячеек, получим совокупность участков  $\Xi = \{\Omega_{ij}\}$ , где каждый участок  $\Omega_{ij}$  имеет площадь  $\sigma_{ij}$ . Координаты центра участка  $\Omega_{ij}$  равны:

$$\varphi_j = \varphi_1 + 0.5 \Delta\varphi + \sum_{s=1}^{j-1} (s-1)\Delta\varphi, \quad j=1, \dots, N;$$

$$\lambda_j = \lambda_1 + 0.5 \Delta\lambda + \sum_{s=1}^{j-1} (s-1)\Delta\lambda, \quad j=1, \dots, M;$$

Введенная сетка дискретизации территории позволяет создать универсальную процедуру привязки к конкретному объекту  $\Xi$  исследования путем использования

набора символических двумерных массивов, содержательное наполнение которых осуществляется пользователем в процессе адаптации системы:

$$TERRITORY(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{при } \Omega_{ij} \notin \Xi, \\ 1 & \text{при } \Omega_{ij} \in \Xi_S, \\ 2 & \text{при } \Omega_{ij} \in \Xi_W, \end{cases}$$

где  $\Xi_S \cup \Xi_W = \Xi$ ,  $\Xi_S$  - часть территории под сушией;  $\Xi_W$  - часть территории, занятая гидросферными объектом. Топологическая структура гидросферной части территории описывается идентификатором HYDROL(I, J). Массив HYDROL позволяет выделить подвижную часть водной среды на территории  $\Omega$  и тем самым более точно учесть изменчивость химического состава вод за счет неоднородностей водосборных площадей.

Для организации численной процедуры расчета динамических потоков воды между ячейками  $\Omega_{ij}$  введем массив из высот над уровнем моря:  $TOROSR(I, J) = |\omega_{ij}|$ , где  $\omega_{ij}$  - средняя высота ячейки  $\Omega_{ij}$  над уровнем моря в метрах.

Каждая ячейка  $\Omega_{ij}$  характеризуется определенным соотношением площадей между водоемами, дикой и сельскохозяйственной растительностью, городскими застройками и дорогами. Определим это соотношение набором следующих двумерных массивов:  $RAKTW(I, J, TME) = S_{ij}^1 \in [0, 1]$  - часть  $\Omega_{ij}$ , занятая водоемами;  $RAKTA(I, J, TME) = S_{ij}^2 \in [0, 1]$  - часть  $\Omega_{ij}$ , занятая культурной растительностью;  $PERTS(I, J, TME) = S_{ij}^3 \in [0, 1]$  - часть  $\Omega_{ij}$ , занятая дикой растительностью. Антропогенные объекты занимают остальную часть территории:

$$S_{ij}^4 = 1 - S_{ij}^1 - S_{ij}^2 - S_{ij}^3.$$

В каждой ячейке  $\Omega_{ij}$  размещается один из  $n$  типов дикой растительности и один из  $m$  типов культурной растительности. Схемы этого размещения представлены двумерными массивами:  $VEGETA(I, J, TME)$  для сельскохозяйственной растительности,  $VEGETS(I, J, TME)$  для дикой растительности и  $ANTROP(I, J, TME)$  для антропогенных ландшафтов.

Загрязнение водной среды может осуществляться через атмосферу, вымывание из почвы и антропогенные выбросы непосредственно в водоемы (бытовые и промышленные стоки, утечки и выбросы с судов). Информации об этих процессах синтезируется в виде идентификатора TURPES(I, J, TME). На основе сведений, полученных в массиве TURPES, осуществляется контроль среднестатистической ситуации загрязнения при отсутствии оперативной информации. Наполнение системы оперативными данными организуется вводом результатов измерений по каналам связи. Система содержит массив TURPER(I, J, TME), который рассчитан на включение более точной информационно-базы о загрязняющих производствах. Состав массива TURPER включает характерные для территории производства, за счет чего система наполняет информационную сеть средними оценками выбросов загрязняющих веществ, если нет другой информации. В качестве базы данных используются сведения, собранные административной региона за предшествующий период времени.

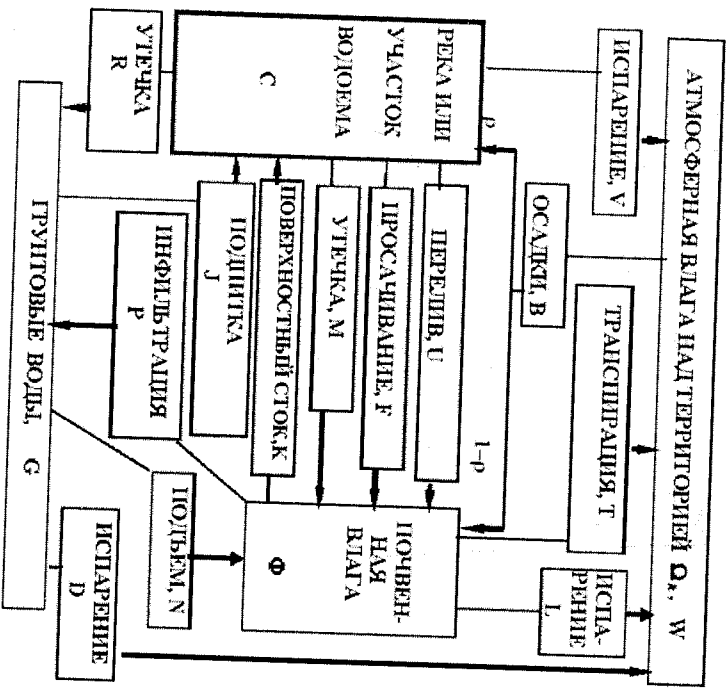


Рис. 1. Блок-схема водного баланса ограниченной территории

Рассмотрим схему рис. 1 как основу для моделирования гидрологического режима ограниченной территории  $\Omega_k$ , занимаемой контролируемой акваторией и участком суши. Согласно ландшафтно-гидрологическому принципу для построения инициальной модели в зоне функционирования гидрологического режима необходимо выделить фации, что связано с типизацией флористического фона, конкретный вид которого обуславливается микрорельефом, типом и свойствами почвы, поверхностным увлажнением, глубиной залегания грунтовых вод и другими факторами. Так что в общем случае территория  $\Omega_k$  характеризуется наличием  $m$  фаций, а водоводная сеть имеет  $n$  однородных участков. С учетом этого согласно схеме рис. 1 составляется замкнутая система балансовых уравнений:

$$\sigma_{ij} dW_{i,j}/dt = E_{ij} - R_{ij} + \sum_{k=1}^m (V_k - B_k S_k) + D_{ij} + \sum_{l=1}^n (L_l + T_l - W_l \sigma_l) \quad (1)$$

$$S_k dG_k/dt = Y_k - V_k + B_k S_k - H_k + J_k + \sum_{l=1}^n (K_l - F_l - V_{kl} - M_k) - \Gamma_k + S_k (C_{k-1} V_{k-1} / \Delta_k - C_k V_k / \Delta_k) \quad (2)$$

$$\sigma_l d\Phi_l/dt = \sum_{k=1}^m (F_{kl} + Y_{kl} + M_k) + \sum_{k=1}^m \psi_k^l \theta_l - L_l - T_l - P_l - \theta_l + N_l + W_l \sigma_l, \quad (3)$$

$$\sigma_{ij} dG_{ij}/dt = I_{ij} - Z_{ij} - D_{ij} + \sum_{k=1}^m (H_k - J_k) + \sum_{l=1}^n (P_l - N_l), \quad (4)$$

В формулах (1)-(4) обозначено:  $\sigma_{ij}$ ,  $\sigma_l$  и  $S_k$  - площади территории  $\Omega_{ij}$ ,  $l$ -ой фации и  $k$ -го пикселя речной сети в  $km^2$  соответственно;  $\Delta_k$  - линейный размер  $k$ -го пикселя речной сети, км;  $W_{i,j}$ ,  $G_k$  и  $\Phi_l$  - соответственно уровни воды в атмосфере,  $k$ -м пикселе речной сети и  $l$ -ой фации на территории  $\Omega_{ij}$ ;  $\theta_l$  - уровень грунтовых вод, м;  $\psi_k^l$  - доля стока  $k$ -ой фации, попадающая на территорию  $l$ -ой фации; остальные обозначения приведены на схеме рис. 1.

В представленном виде привязка модели к другим регионам осуществляется через переменные  $E$ ,  $R$ ,  $Y$ ,  $\Gamma$ ,  $J$ ,  $Z$ . Кроме того, при анализе конкретной ситуации могут быть дополнительно учтены конфигурация водовода и уровень водоема. Необходимые уравнения записываются аналогично представленным выше, исходя из условия баланса объема воды. Функциональные представления для всех потоков схемы рис. 1 могут быть записаны на основе законов гидродинамики и с учетом имеющейся экспериментальной информации. Приток  $E_{ij}$  и отток  $R_{ij}$  влаги можно определить по данным дистанционного мониторинга. В промежутках между измерениями используется информация о скорости ветра  $V_{ij}$ , а функции  $E_{ij}$  и  $R_{ij}$  вычисляются по формулам:

$$E_{ij} = E_{N,ij}; R_{ij} = W_{i,j} \Gamma^* (\Gamma^* + k_i V),$$

$\Gamma^* = 2\psi_0/H$ ,  $E_N$  - атмосферная влага на наветренной границе региона,  $k_i$  - постоянный коэффициент, отражающий вклад ветра в циркуляцию осадков.

Описанная система была адаптирована к лагуне Ньюк Нгот, расположенной в центральной части вьетнамского побережья Южно-Китайского моря и для нее осуществлены расчеты некоторого набора гидро-геофизических характеристик. Лагуна имеет площадь 14,7 кв. км, со средней глубиной 1,6 м и объемом водного тела 23,35 млн. куб. м. Характерной особенностью водного режима лагуны является интенсивный обмен с открытым морем в периоды отливов и приливов. Были использованы материалы гидрофизической экспедиции 2001 г. по измерению направленности и скорости течений, солёности, мутности, биомассы фитопланктона, зоопланктона и зообентоса, а также различных геохимических показателей качества воды.

Применение системы позволило установить зависимость между характеристиками системы и дать рекомендации по режиму измерений. Оказалось, что для достоверной оценки состояния лагуны достаточно проводить измерения один раз в полгода по разрезу ее устья. В остальное время обеспечивается автоматическая оценка характеристик лагуны с точностью до 30-40%. Пример расчета дан в табл. 1. Из этих оценок видно, что точность расчетов различных характеристик лагуны неравномерна. Это связано с их неравномерной параметризацией, а также с погрешностями входных данных. Ясно, что расширение точности пространственной реконструкции характеристик по их измерениям в устье лагуны вызвано различными точностями измерений, а ошибки в прогнозных оценках порождены также и неточностью отдельных блоков модели. Поэтому дальнейшие исследования