

ОДЕССКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

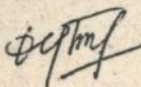
На правах рукописи

ДАНГ НГОК ТИнь

УДК 556.166.4.072:566.15.048

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИКО-СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА  
ПАВОДКОВ НА РЕКАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВЬЕТНАМА

11.00.07 - гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия



АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
географических наук

Одесса - 1993



00810686 (T)

AB 28.41

Диссертация в 2-х томах  
Диссертация в 2-х томах

Работа выполнена в Одесском гидрометеорологическом институте.

Научный руководитель: доктор географических наук,  
профессор  
Иваненко Александр Григорьевич

Официальные оппоненты: доктор географических наук,  
профессор  
Христофоров Андрей Валентинович,  
кандидат географических наук,  
доцент  
Новичков Виктор Кузьмич.

Ведущая организация: Одесский государственный  
университет имени И.И.Мечникова.

Защита диссертации состоится 11 ноября 1993 года  
в 13 часов на заседании специализированного совета  
Д 05.02.01 в Одесском гидрометеорологическом институте,  
в зале заседаний по адресу:  
270016, г.Одесса, ул.Львовская, 15, ОГМИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОГМИ.

Автореферат разослан 11 октября 1993 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета

Лобода Н.С.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Освоение и рациональное использование водных ресурсов Вьетнама является одной из важных задач развития народного хозяйства страны. При проектировании и эксплуатации водохозяйственных систем гидрологического обоснование играет ведущую роль в обеспечении их экономичности и безопасности. Для речных водосборов в районах Вьетнама с редкой гидрологической сетью, недостатком или отсутствием гидрометданных возникает необходимость повышения точности гидрологических расчетов. Поэтому разработка оптимальных методов расчета вероятного паводочного стока для Вьетнама является весьма актуальной.

Основное внимание в работе обращено на использование динамико-стохастических моделей речного стока, при помощи которых можно определить гидрологические характеристики для малоизученных рек. При этом, повышения точности определения характеристик стока можно достичь путем привлечения к анализу дополнительной информации о стокообразующих факторах на водосборе. Решению этой актуальной задачи и посвящена диссертация.

Цель и задачи исследования. Основной целью диссертационной работы являлась разработка и численная реализация динамико-стохастической модели формирования дождевого стока для расчета характеристик паводков при наличии ограниченных рядов стоковых наблюдений, но достаточно детальных данных об осадках и основных гидрографических характеристик водосборов. Работа содержит решение следующих задач:

- изучение природных условий, климата, гидрологического режима, характеристик процессов и факторов формирования паводочного стока в бассейне реки Ло;
- анализ современных методов расчета дождевого стока на основе применения динамико-стохастических моделей;
- применение стохастических моделей для описания процесса выпадения осадков в точке и по площади, с помощью которых можно получить данные осадков в качестве входа динамической модели формирования стока;
- установление структуры и оптимальных значений параметров математической модели формирования паводков, которая позволяет учесть пространственную динамику гидрологических

процессов;

- соединенке динамического и стохастического блоков (подмоделей) для установления вероятных значений стока.

Методика исследования и использованные материалы. Разработка и применение математических моделей выполнены на основе современных методов исследования. В работе использовались генетический метод и метод математического моделирования для построения динамической пространственной модели формирования дождевого стока. Расчет паводков по этой модели требует решения составляющих модель уравнений, что осуществлялось с помощью численных методов. Для стохастического моделирования процесса выпадения дождевых осадков применялись современные методы статистического анализа и оценки полученных результатов.

В разработке и применении моделей использована следующая исходная информация:

- Данные наблюдений за стоком и осадками на водостокской станции Шондонг;

- Наблюдения за стоком и осадками в бассейне р.Ло до п.Туэнкуанг;

- гидрографические и геоморфологические характеристики водосборов, опубликованные в литературных источниках.

Научная новизна работы Впервые для территории Северо-Восточной части Вьетнама на примере р.Ло разработана и реализована динамико-стохастическая модель формирования дождевых паводков.

На защиту выносятся следующие новые научные результаты:

- применение стохастического моделирования дождевых осадков с установлением оптимальных параметров, позволяющих генерировать осадки в точке или поля осадков по площади водосбора;

- численная реализация пространственной модели формирования дождевого стока для малых и больших водосборов района;

- разработка и реализация динамико-стохастической модели для рассматриваемой территории на входе которой задаются стохастические поля осадков.

Практическая значимость. Основные результаты диссертационной работы могут быть использованы на практике в организациях Гидрометслужбы и водного хозяйства Вьетнама при гидрологическом обосновании водохозяйственных расчетов и мероприятий по защите населения и объектов экономики от затопления.

Апробация и публикация. Основные положения работы заслушаны и получили одобрение на научном гидрологическом семинаре гидрофака ОГМИ в сентябре 1993 г. По теме диссертации опубликованы две статьи.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем работы составляет 165 страниц, в том числе содержит 33 страниц приложения, 22 рисунка и 18 таблиц. Список использованной литературы содержит 106 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы ее цели и задачи, обсуждены практическая значимость и научная новизна полученных результатов.

В первой главе приведены основные сведения о бассейне р. Ло, расположенной в Северо-Восточной части Вьетнама, и анализ природных условий, климата и гидрологического режима.

Река Ло (Светлая) – один из крупнейших притоков р. Хонг (Красной), берет свое начало в Куньянских горах (Китай). Ее длина составляет 470 км, площадь водосбора 39 000 км<sup>2</sup>, из них на территорию Вьетнама приходится 22 600 км<sup>2</sup>, т.е. 58 % общей площади бассейна.

По режиму стока внутри года выделены два четко выраженных периода, совпадающих с сезонами выпадения дождевых осадков: многоводный – с июня по октябрь, и маловодный – с ноября по май. С января по апрель на рассматриваемой территории идут почти непрерывные моросящие дожди, которые длятся неделями, хорошо увлажняют почво-грунты и благоприятствуют формированию паводков в последующий период. Невысокая, а местами крайне низкая водопроницаемость почвогрунтов приводит к увеличению поверхностной составляющей склонового стока и снижению роли подповерхностной составляющей. На зеленых склонах гор неизбежно наличие подповерхностной формы стока. На речных водосборах рассматриваемого района следует ожидать сложную форму стока, включающую в себя поверхностную и подповерхностную составляющие.

Вторая глава посвящена состоянию исследований динамико-стохастических моделей формирования речного стока.

Особое внимание обращено на рассмотрение и анализ работ

по разработке и применению динамико-стохастических моделей со случайными входами. Вычисленные по динамико-стохастическим моделям со случайными входами данные стока позволяют более надежно установить вероятные значения стока, особенно для района с редкой гидрометрической сетью и коротким рядом наблюдений. Рассмотренные работы указывают на перспективность разработки и применения динамико-стохастических моделей для статистических расчетов стока. При этом возникает необходимость дальнейших исследований для выбора стохастического описания метеорологических воздействий на водосбор и структуры динамических блоков.

В третьей главе рассмотрен тип динамико-стохастической модели со случайным входом, т.е. в основе модели принята динамическая модель, на вход которой вводились стохастические поля дождевых осадков.

В работе дана обоснованность стохастического моделирования дождевых осадков в точке и по площади водосбора. Для имитации часовых дождевых осадков в точке использовалась стохастическая кластерная модель, разработанная Истоком Дж. и Боерсмой Л. Эта модель использует Пуассоновский кластерный процесс для описания появления кластеров (групп) дождей и логарифмическое распределение вероятностей для описания продолжительности и разделения дождей в пределах кластеров. Для описания количества часовых осадков в течение дождей используется нестационарный авторегрессионный процесс первого порядка. Модель предполагает, что параметры обоих процессов постоянны в течение данного месяца и могут изменяться от месяца к месяцу.

Апробация модели проводилась путем имитации часовых значений дождевых осадков с вычислением параметров модели по данным плювиографа для августа месяца на станции Шон Донг (Вьетнам) за 2 года наблюдений (1972 - 1973 гг.).

В качестве основы для моделирования полей осадков использовалась модель Р. Дж. Маршалла. Представление о пространственной структуре полей осадков можно составить на основе анализа пространственно-корреляционных функций (ПКФ) сумм осадков за определенный интервал времени, которые устанавливают зависимости коэффициентов взаимной корреляции между суммами осадков в двух дождемерных пунктах от связанных координат  $U$  и  $V$  этих пунктов:

$$r(U_{1j}, V_{1j}) = \frac{\sum_{t=1}^T (y_{1,t} - \bar{y}_1)(y_{j,t} - \bar{y}_j)}{\sqrt{\sum_{t=1}^T (y_{1,t} - \bar{y}_1)^2 \sum_{t=1}^T (y_{j,t} - \bar{y}_j)^2}} \quad (1)$$

где  $r(U_{1j}, V_{1j})$  - коэффициенты взаимной корреляции;  $y_{j,t}$  и  $y_{1,t}$  - значения сумм осадков в пунктах с номерами 1 и j на t-й интервал времени;  $\bar{y}_1, \bar{y}_j$  - их норма; T - полная продолжительность дождя.

По исследованию Р.Дж.Маршалла форма линий уровня (изокоррелят) ПКФ, определяемы по формуле (1), позволяет проследить пространственную структуру ливня. Эта формула хорошо аппроксимируется эллиптическим уравнением:

$$r(U, V) = h \cdot \exp[-(p^2 W^2 + q^2 Z^2)], \quad (2)$$

где W и Z - оси вращения, определяемые как:

$$\left. \begin{aligned} W &= U \sin \alpha + V \cos \alpha, \\ Z &= V \sin \alpha + U \cos \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

h, p, q,  $\alpha$  - параметры.

Исходные данные сумм осадков во всех точках за расчетный интервал времени обозначаются вектором  $y_t$ . При помощи логарифмического преобразования  $X_t = \ln(y_t + 0.01)$  они приводятся к нормальному распределению со средним  $\mu$  и стандартным отклонением  $\sigma$ .

Для моделирования продолжительности дождей используется логарифмическое распределение вероятностей, предложенное Дж. Истоком и Л.Берсмой:

$$P[D = m] = a\theta^{m-1} \left[ \frac{1}{m+b+1} - \frac{\theta}{m+c} \right], \quad (4)$$

где D - продолжительность дождей; a, b,  $\theta$  - параметры логарифмического распределения, вычисляемые по эмпирическим формулам. Далее, для моделирования сумм осадков используется модель авторегрессии первого порядка применительно к центрированной величине  $Z_t = X_t - \mu$ , а именно

$$Z_t = \varphi Z_{t-1} + e_t, \quad (5)$$

где  $\varphi$  - коэффициент авторегрессии;  $e_t$  - случайный многомерный вектор, подчиненный нормальному распределению с параметрами  $\mu$  и  $\Sigma$ , где  $\Sigma$  - ковариационная матрица.

Опытная реализация модели полей осадков Маршалла осуществлена для территории стоковой станции Лондонг (Вьетнам). С помощью модели Маршалла суммы осадков можно смоделировать для любого числа заданных точек, равномерно расположенных на территории бассейна, а смоделированные поля осадков можно использовать далее как входные данные в динамическую модель формирования дождевого стока.

В диссертационной работе в качестве динамической модели используется пространственная модель формирования дождевого стока. Структурно эту модель можно разбить на два блока (подмодели): модель А.Н.Бэфани для двух типов склонового стока (поверхностного и подповерхностного) и модель А.Г.Иваненко для расчета трансформации паводка русловой системой.

Кинематическая модель поверхностного склонового стока для единичной полосы склона включает в себя следующие уравнения:

$$\frac{\partial(V_0 y)}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = h_t, \quad (6)$$

$$V_0 = m J y^u, \quad (7)$$

где  $V_0$  - скорость склонового потока глубиной  $y$ ;  $t$  и  $x$  - переменные координаты времени и длины склона;  $h_t$  - водособразование, вычисляемое по разностной формуле  $h_t = a_t - k_t$ , где  $a_t$  - интенсивность дождя, а  $k_t$  - интенсивность впитывания;  $m$  - параметр, зависящий от шероховатости и характера микро-рельефа поверхности склона;  $J$  - уклон поверхности склона;  $u$  и  $n$  - параметры формы поперечных сечений ручейков.

Для подповерхностного склонового стока система уравнений кинематической модели, описывающая динамику стекания воды слоем  $z$  внутри рыхлой толщи грунтов для единичной ширины склона имеет следующий вид:

$$v_d \delta \frac{\partial z}{\partial x} + \delta \frac{\partial z}{\partial t} = h_t, \quad (8)$$

$$v_d = v_o \sqrt{J_o}. \quad (9)$$

где  $v_d$  - скорость подповерхностного стока, осуществляемого отдельными макропорами в пределах рыхлого слоя;  $\delta_d$  - коэффициент дренажной водоотдачи;  $\delta$  - коэффициент аккумуляции;  $h_t$  - разность интенсивностей осадков и впитывания в относительный водоупор;  $v_o$  - параметр, зависящий от макропор, их диаметра и формы сечения;  $J_o$  - уклон поверхности относительного водоупора.

Значения глубины склонового стока для любого интервала времени вычислялись путем решения конечно-разностных аналогов систем уравнений (6) ... (9).

Суммарный модуль склонового стока  $q$  у подошвы склона равен сумме поверхностного  $q_{\Pi}$  и подповерхностного  $q_K$  типов стока:

$$q = d_{\Pi} q_{\Pi} + (1 - d_{\Pi}) q_K, \quad (10)$$

где  $d_{\Pi}$  - коэффициент, учитывающий долю поверхностной составляющей в формировании общего склонового стока и определяемый путем оптимизации.

Для описания процессов русловой трансформации в диссертации использовалась формула А.Г.Иваненко, которая учитывает основные факторы, переменные во времени и по пространству:

$$Q_{j,i} = \sum_{l=j}^1 [v_{j,l} \cdot B(x_d) \cdot R_{j,l} \cdot \Delta t \sum_{k=1}^{n_g} q_1(x_d, y_k) / n_g] \cdot (11)$$

Здесь  $Q_{j,i}$ ,  $v_{j,i}$  - расход паводка и скорость добегаания воды в  $i$ -м створе русла для  $j$ -го интервала времени  $\Delta t$ ;  $B(x_d)$  - ширина водосбора по эквидистанте на расстоянии  $x_d$  от  $i$ -го створа, причем,

$$x_{d,i} = \sum_{k=1}^j [v_{k,j+1-k} \cdot \Delta t - 0,5v_{j,i} \Delta t] ; \quad (12)$$

$q_1(x_d, y_k)$  - модуль склонового притока в пределах частной площадки на расстояниях  $x_d$  от створа и  $y_k$  по эквидистанте от главного русла;  $R_{j,l}$  - общий коэффициент русловой трансформации;  $n_g$  - число частных площадей на эквидистанте.

Скорость добегаия воды по руслам рек вычисляется по эмпирической формуле А.Г.Иваненко:

$$v_{J,i} = a_p \left( \frac{1+L}{1+l_1} \right)^{0,25} J_i^{0,33} Q_{J,i}^{0,33} \quad (13)$$

Здесь  $J_i$  - уклон русла в  $i$ -м створе на расстоянии  $l_1$  от истока русла;  $L$  - полная длина русла реки до замыкающего створа;  $a_p$  - параметр формулы русловой скорости.

В соответствии с формулой (11) модуль склонового притока изменяется по площади водосбора. Его необходимо определить для каждой из частных площадей, на которые разбит весь водосбор согласно требованиям пространственной модели.

Четвертая глава посвящена параметризации пространственной модели формирования дождевого стока для водосборов Северо-Восточной части Вьетнама.

В качестве исходных данных для оптимизации параметров и использовались синхронные измерения дождей и стока за 1972 - 1973 гг. на четырех водосборах водостокковой станции Шондонг, расположенной в Северо-Восточной части Вьетнама.

В данной работе при определении потерь дождевых осадков на частных площадях водосбора применена модель Грина-Эмпаз. Вычисления были проведены по методу Г.А.Алексеева, расчетное уравнение которого имеет вид:

$$t = \frac{\Delta f}{K_\Phi} \left[ h - h_f \ln \left( 1 + \frac{h}{h_f} \right) \right] \quad (14)$$

Здесь  $\Delta f$  - параметр, представляющий разность между объемным содержанием влаги после и до увлажнения (в долях единицы);  $K_\Phi$  - коэффициент фильтрации, см.с;  $h_f$  - высота капиллярного подъема, см.

Интенсивность инфильтрации воды в относительный водосбор, подстилающий точку рыхлого грунта, принималась постоянной и устанавливалась путем оптимизации.

Для расчета паводков по пространственной модели была составлена программа на языке Турбо-Си.

Оптимизация проводилась по методу проб и ошибок че ПЭВМ ТЕМ АТ.286. Оптимальными значениями параметров модели считались те, при которых вычисленные гидрографы наилучшим образом соответствовали измеренным расходам.

Вычислительная схема включала в себя меню выполняемых

программ, при помощи которого можно вводить значение одного или нескольких параметров и для нового варианта вычислять новый гидрограф. Сравнение вычисленного и измеренного гидрографов выполнялось при помощи визуальных и объективных критериев. С этой целью на каждом шаге вычислений на экране высвечивался комплексный график (рис. 1), на котором изображены гидрографы вычисленного и измеренного паводка. Эта информация позволяла визуально оценить степень подобия вычисленного и наблюдаемого гидрографов. На этом рисунке под графиком напечатан критерий качества  $s/\sigma$ , а также  $S_k$  - среднее квадратическое отклонение вычисленных и измеренных расходов. Они позволяли объективно установить допустимость расхождений подобия вычисленного и измеренного гидрографов.

Кроме того, здесь печатается информация об отдельных элементах паводка - максимальной русловой скорости, скорости поверхностного и подповерхностного склонового стока. Эти данные позволяют контролировать соответствие расчетных скоростей их реальным значениям.

Оптимизация проводилась по 69 паводкам на 4 водосборах водностоксовой станции Шондонг. При этом значения критерия качества  $s/\sigma$  оказались меньшими 0.80, из них в 47 случаях, т.е. в 68%, получено  $s/\sigma$  меньше 0.50, что относит результаты расчета к хорошим и удовлетворительным.

В результате оптимизации были получены оптимальные значения параметров модели. Значение параметра  $a_p$  формулы русловой скорости уменьшается с ростом площади водосбора. Кривая зависимости параметра  $a_p$  от площади водосбора  $F$  может быть описана уравнением:

$$a_p = 1.004F^{-0.10} \quad (15)$$

Другой переменный параметр модели  $h_r$  формулы впитывания (14), который означает максимальную высоту капиллярного подъема, оказался зависимым от влажности почв, что физически объяснимо. Влажность почво-грунтов может характеризоваться индексом предшествующего увлажнения  $J_w$ , вычисляемым по формуле Н.Ф.Безаня:

$$J_w = 0.58 X_{1-2} + 0.45 X_{3-5} + 0.34 X_{6-10} + 0.17 X_{11-20} + 0.06 X_{21-30} \quad (16)$$

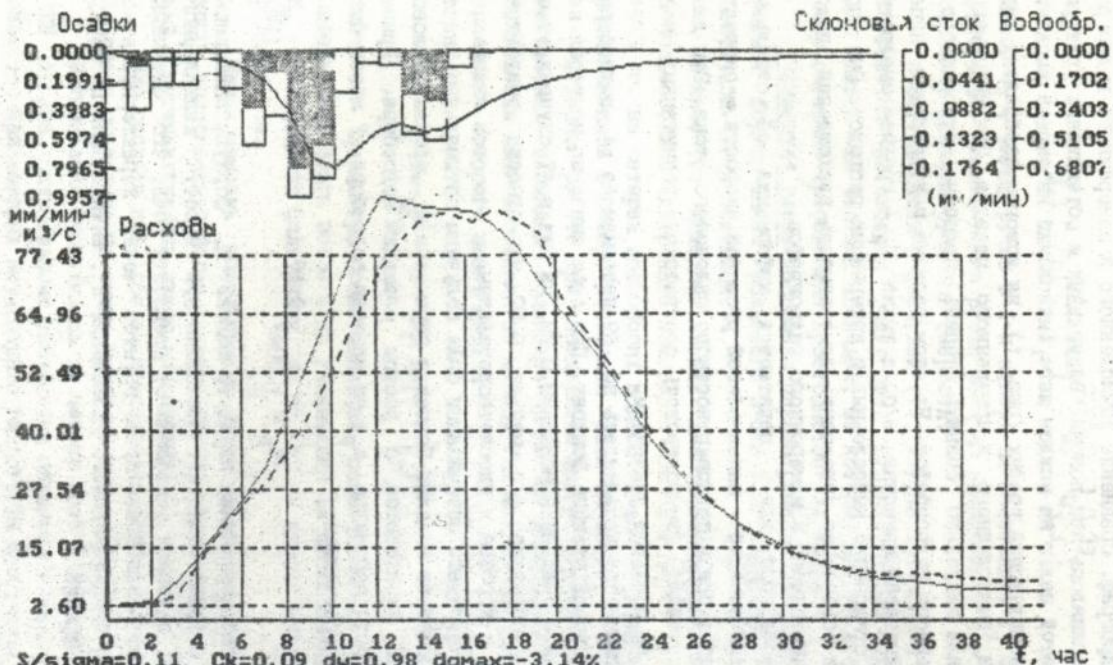


Рис.1. Комплексный график паводка 11.07.1973 р.Линь п.Лангга

Здесь  $X_{1-2}$ ,  $X_{3-5}, \dots$  — количество осадков, выпавших за указанный индексом при  $X$  интервал времени (в сутках), считая назад от даты, на которую рассчитан индекс. Зависимость  $h_T = f(J_w)$  может быть аппроксимирована уравнением:

$$h_T = 4.01e^{-0.0266J_w} \quad (17)$$

Таким образом 2 параметра модели вычисляются по зависимостям, а 8 параметров оптимизировались и приняты постоянными (табл.1).

Таблица 1  
Оптимальные значения параметров динамической модели формирования дождевого стока

№ п/п	Параметр	Значения	Размерность	Границы возможных значений
1	$m$	0.045	$m^{2/3}/c$	0.020 + 0.100
2	$v_0$	0.450	м/мин	0.250 + 1.500
3	$d_{II}$	0.65	безразмерн.	0.000 + 1.000
4	$\delta$	0.55	безразмерн.	0.020 + 0.650
5	$\delta_d$	0.10	безразмерн.	0.080 + 0.120
6	$K$	0.00015	мм/мин	0.0001 + 0.0700
7	$K\phi$	0.0025	мм/мин	0.001 + 0.350
8	$\Delta l$	0.10	безразмерн.	0.050 + 0.435
9	$h_T$		м	0.010 + 3.500
10	$a_p$		$c^{-2/3}$	0.100 + 1.000

Установленные параметры можно использовать для расчета паводков по модели для других водосборов района. В связи с редкой сетью pluвиографов решается задача расчета стока по пространственной модели паводка путем задания на вход модели стохастических полей осадков.

В пятой главе рассмотрено применение разработанной динамико-стохастической модели для расчета вероятных максимальных расходов.

С этой целью были выбраны 5 водосборов в бассейне р.Ло, для которых устанавливались статистические параметры модели полей осадков Маршалла. Для каждого водосбора имитировались

200 полей осадков для наиболее водного августа-месяца. Продолжительности дождей устанавливались по модели Истока - Боерсмы (формула (4)) и изменялись от 2 до 50 часов. Все данные вводились в специальный цифровой файл и использовались для расчета гидрографа паводка по пространственной модели.

На основании проведенных расчетов по модели для каждого из 5 створов бассейна р. Ло были составлены двухсотчленные ряды максимальных расходов, которые статистически обрабатывались. По этим рядам были построены кривые обеспеченности вычисленных максимальных расходов. На рис. 2, для примера, показана кривая обеспеченности вычисленных максимальных расходов для р. Ло до п. Туэнкуанг. На этот рисунок наносились точки эмпирической обеспеченности по данным измеренных максимальных расходов. Для других рядов наблюдаются отклонения в средних частях кривых. Однако эти отклонения незначительны по своей величине. Для объективной оценки было проведено сопоставление этих отклонений с возможной допустимой статистической ошибкой.

Расхождения статистических параметров кривых распределения по моделированным и наблюдаемым расходам для 5 водосборов сравнивались с теоретическими относительными погрешностями оценки этих параметров. Оказалось, что ошибка определения параметров полученных расчетных кривых обеспеченности меньше теоретической (допустимой) ошибки. Это говорит о том, что полученные по модели кривые обеспеченности в статистическом смысле не отличаются от кривых обеспеченности, построенных по данным наблюдений. Кроме того, максимальные расходы редкой повторяемости, вычисленные по модели, сопоставимы с соответствующими расходами, опубликованными в справочнике по водным ресурсам Вьетнама.

В результате этого анализа можно делать вывод о том, что предлагаемая динамико-стохастическая модель может использоваться для расчета паводков на неизученных водосборах района и о том, что оптимальные параметры модели учитывают условия формирования стока в пределах рассматриваемого региона.

В заключении сформулированы основные результаты выполненного исследования.

1. Выполнен анализ физико-географических условий формирования дождевого стока на реках Северо-Восточного Вьетнама. Показано, что дождевой сток в этом регионе имеет формы смешанного стока, включающего поверхностную и подповерхностную

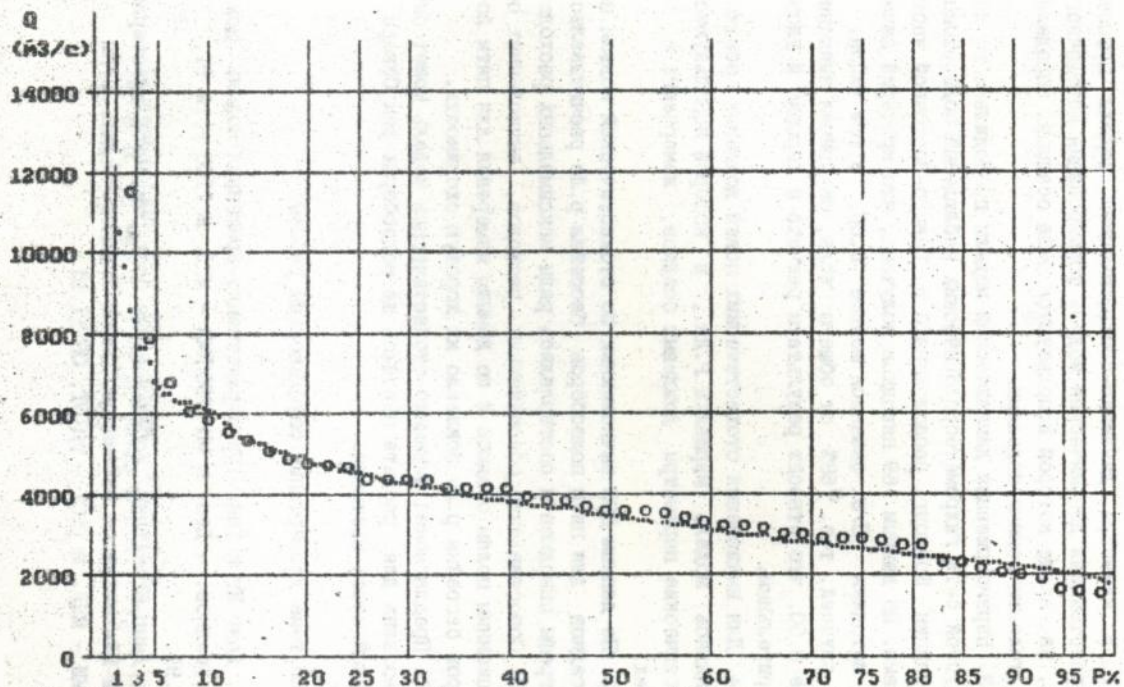


Рис. 2. Сопоставление кривых обеспеченностей наблюденных (o) и рассчитанных (.) максимальных расходов р. Ло п. Туенкуанг

составляющие.

2. В качестве динамико-стохастической модели принята пространственная динамическая модель формирования паводочного стока, на входе которой используются поля осадков, определяемые стохастическими моделями.

3. Параметризация динамической модели проводилась по данным густой сети гидрометеорологических наблюдений водностоковой станции Шондонг, расположенной в Северо-Восточной части Вьетнама. По данным 69 паводков получено, что критерий качества методики  $S/\sigma$  оказался меньше 0.80, в том числе, в 47 случаях, т.е. 68% от общего числа, он принял значение меньше 0.50, что относит результаты расчета к хорошим и удовлетворительным.

4. Для вычисления стохастических полей дождевых осадков применялась модель Маршалла Р.Дж., в которой используются статистические параметры дождевых осадков, измеряемых в 13 пунктах.

5. По данным 200 вычисленных по стохастической модели полей осадков для пяти водосборов бассейна р.Ло рассчитывались гидрографы паводков и составлялись ряды максимальных расходов.

6. Сопоставление обеспеченных расходов, вычисленных по имитационным полям осадков и по данным измерения для пяти водосборов бассейна р.Ло показало их хорошую сходимость.

7. Предлагаемая динамико-стохастическая модель может быть использована для расчета паводков на водосборах рек Северо-Восточной части Вьетнама.

По теме диссертации опубликованы работы:

1. Данг Нгок Тинь. Пространственно-временная модель дождевых осадков. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ - МЦД, № 1100 - г.м. 91, 06.II.91.

2. Данг Нгок Тинь. Использование стохастической кластерной модели для имитации часовых дождевых осадков. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ - МЦД, № 1101 - г.м. 91, 06.II.91.

Подп. к печати 7.10.93г. Формат 60x84 1/16.  
Объем 0,7уч. изд. л. 1, Оп. д. Заказ № Г. 41. Тираж 100экз.  
Госгипографич. Одесского управления по печати, цех №3.  
Ленина 4а.



463824

AB 28.411

**AB 28.411**