

**MATHEMATISCHES MODELL DER REGENABFLUßBILDUNG
IN DEN GEBIRGSEINZUGSGEBIETEN –
ANWENDUNGSERGEBNISSE IN DEN VORHERSAGESYSTEMEN
Mykhaylo Sosyedko, Olga Luk'yanets**

Ukrainisches Hydrometeorologisches Forschungsinstitut
03028 Kyiv (Kiew), Pr.Nauky 37. E-mail:osad@uhmi.kiev.ua

Zusammenfassung: Bei der Erschaffung der Gebietssysteme für die Regenhochwasservorhersagen ist es wichtig, Bestimmungstechnologie von optimalen Modellparametern anzuwenden. Unsere Vorhersagesysteme schließen räumliche Gegenstände (Teilflächen) ein, daß es ermöglicht, landschaftliche und hydrometeorologische Verschiedenheiten zu berücksichtigen. Aber nicht alle Teilflächen haben Abflußbeobachtungen, um Modellparameter zu ermitteln. Dazu werden Abhängigkeiten einiger Parameter von Landschaftsangaben benutzt.

Schlüsselwörter: Regenhochwasser, Vorhersage, Modellparameter, Vorhersagesystem, Abfluß, Landschaftsangaben.

**MATHEMATICAL MODEL OF THE RAINFALL RUNOFF FORMATION IN MOUNTAIN
CATCHMENTS – APPLICATION RESULTS IN THE FORECASTING SYSTEMS**

Abstract: By the creation of basin systems for rainfall flood forecasting this is importance the technology apply to definition of optimum model parameters. Our forecasting systems include space objects (partial areas), what allow of take into account of landscape and hydrometeorological differences. But not all partial areas are possessed stream gauging station in order to model parameters definition. Parameter dependence on landscape indexes use for that.

Key words: rainfall flood, forecasting, model parameter, forecasting system, discharge, landscape index.

1. Einleitung

Auf der heutigen Entwicklungsstufe von Hydrologie gewinnt mathematische Modellierung der Abflußvorgänge immer grössere Bedeutung. Auf diesem Grund gibt es die Möglichkeit, Flußgebietssysteme für Hochwasservorhersagen zu erschaffen. Solche Vorhersagesysteme sind von großem Informationswert, weil folgende Lösungen auf diese Weise gewährleistet werden:

- verschiedene Stufen von räumlicher Detaillisierung der Abflußwerten;
- Abflußvorhersagen an Flußstrecken, wo Beobachtungen nicht vorhaben sind;
- es ist möglich, Abflüsse aus einzelnen Flächen und Hochzonen zu bewerten.

Gegenwärtig sind die Gebietssysteme für die Abflußverlaufsvorhersagen während der Regenhochwässer an den karpatischen Flüssen (Theiß-, Dnister- und Pruth-Flußbecken) erarbeitet. Die Erschaffung dieser Systeme wurde passende Bestimmungstechnologie von optimalen Modellparametern für räumliche Gebietsbestandteile erfordert.

2. Mathematisches Regenabfluß-Modell

Die Regenabflußbildung stellt eine Gesamtheit von Vorgängen in der Wechselbeziehung dar, die im Gebirge durch Einwirkung ihrer Geländegestaltung auf räumliche Verbreitung meteorologischer Grössen und bedeutsamer Veränderlichkeit der Unterlage erschwert. Für diese Gebiete sind kennzeichnende Züge, die Unterflächenabflußbildung in der Schicht blöckeriger Verwitterungsgesteine begünstigen. Solcherweise entstehen Hochwasserwellen hauptsächlich durch Zusammenwirkung der Abflüsse, die mit verschiedenen Geschwindigkeiten auf den Oberflächen und in den Unterflächenschichten fließen. Im Ergebnis werden sich Hochwasserwellen als Zusammenlegung zweier Wellen, die an Form verschieden und in der Zeit versetzt sind, gebildet (Befani, 1969; Sosyedko, 1980).

Hauptsächliche Elementarvorgänge, die auf jedem Einzugsgebiet und in jedem Flußnetz geschehen, werden im Regenabfluß-Modell DOSTCH-3 (D-3) beschrieben. Zu diesen Vorgängen gehören: Verdunstung, Oberflächen- und Bodenschichtretention, Infiltration, Filtration, Oberflächen- und Unterflächenwasserbildung, Abflußerschöpfung (Abb.1). Dieses Modell gründet sich auf folgende Lösungsanweisungen:

- als Eingabebestandteil gilt Niederschlagsintensität;
- Wasserbildung wird mittels Wasserhaushaltsgleichungen berechnet;
- Gebietsfeuchtigkeit wird durch Wassergehalt der Boden-wirkungsschicht erstellt;
- Wasserabgaben werden mittels Einflußfunktionen in Abflußgangwerten transformiert.

Entsprechende Modellrechnungsalgorithmen sind in den Werken (Sosyedko, 1980; Sosyedko u.a.,1990) dargestellt. Sie berücksichtigen Boden-, Morphometrie- und Hydraulikeigenschaften der Teilflächen und Flußnetze und schließen folgende Parameter ein:

K_1, K_2 – die Gleichungskoeffizienten für die Berechnung der Verdunstungsintensität aus Einzugsflächen;

K_3 – der Parameter, der Aufsaugungs- und Entwässerungsfähigkeit der Unterflächenschicht bestimmt;

K_5 – der Koeffizient, der berücksichtigt Bodenfeuchtigkeitseinfluß für vorige Periode auf Wasserbildung der Unterflächenabflüsse;

W_m – maximale Wasserhaltungsvermögen der Bodenwirkungsschicht, wo sich Unterflächenabfluß bildet;

i_o – die Wasserfiltrationsintensität in die niederliegende Schichten des Untergrundes;

η – relativer Meßwert, der Wirkungsfläche eines Einzugsgebiets bestimmt, wo sich Oberflächenabfluß bildet;

m – der Parameter, der Änderungen vom Meßwert η unter Abhängigkeit der Wasserhöhe bewertet, die schon gebildet ist;

R – der Parameter, der Erschöpfung der Unterflächenwässer bestimmt.

3. Mathematisches Modell in einem Vorhersagesystem

Mathematisches Modell D-3 funktioniert in jedem von unseren Vorhersagesystemen als sein Bestandteil für die Abschätzung der Wasserabgabegrößen infolge der Regenfälle auf jeder Einzugsgebietsteilfläche. Durch Bestimmung der Teilflächen wird räumliche Verschiedenheit von landschaftlichen und hydrometeorologischen Verhältnissen in den Grenzen irgendwelches Flußgebiets in Betracht gezogen (Sosyedko u. Luk'yanets, 1993, 1996).

Die Sicherstellung der Leistungsfähigkeit von den Vorhersagesystemen wurde sich durch Ermittlung der optimalen Modellparameter verwirklicht, die Wasserabgabebildungsprozesse auf jeder Teilfläche widerspiegeln (Luk'yanets u. Sosyedko, 2000)

Entsprechend der Struktur des Modells D-3 und wechselseitiges Zusammenhanges seiner Wasserhaushaltsbeziehungen wird es bestätigt, daß der wichtigste Einfluß auf der Wasserbildung, und natürlich auf Endergebnissen, haben die Parameter K_3 , W_m , und η (s.o).

Um Wichtigkeit der obengenannten Modellparameter bezüglich ihrer Einwirkung auf die Wasserabgaben während der Regenhochwässer in Gebirgseinzugsgebieten zu bewerten, wurde spezielle notwendige Analyse ihrer Empfindlichkeit festgestellt (Sosyedko, 1986). Von ihren Werten sind Intensitäten der Wasserverluste auf den Oberflächen, der Oberflächen- und Unterflächenabflüsse abhängig. Folglich, besondere Aufmerksamkeit muß man eben diesen drei Parametern schenken.

Aber nicht alle Teilfläche sind hydrologisch beobachtet, um nötige Parameterwerte unmittelbar zu bestimmen. Für erfolgreiche Ermittlung der Optimalparameter kann man auch ihre Verallgemeinerung in Abhängigkeit von landschaftlichen Kenngrößen benutzen.

Mit diesem Zweck wurden Ergebnisse der Regenhochwässer – Modellierung in 28 kleinen Gebirgseinzugsgebieten mit Flächen 100-300 km² angewandt. Diese Einzugsgebiete von Theiß-, Dnister- und Pruth-Flußbecken sind verhältnismäßig gut durch

hydrometeorologische Beobachtungen in zeitlichen und räumlichen Beziehungen erfasst. Die Bestimmung der Optimalparameter wurde für alle diese Einzugsgebiete mit hydrometeorologischen Angaben verwirklicht, die Hochwässer verschiedener Höhen darstellen. Dazu wurde die Technologie angewendet, die auf die Dekompositionsmethode sich gründet (Sosyedko, 1988).

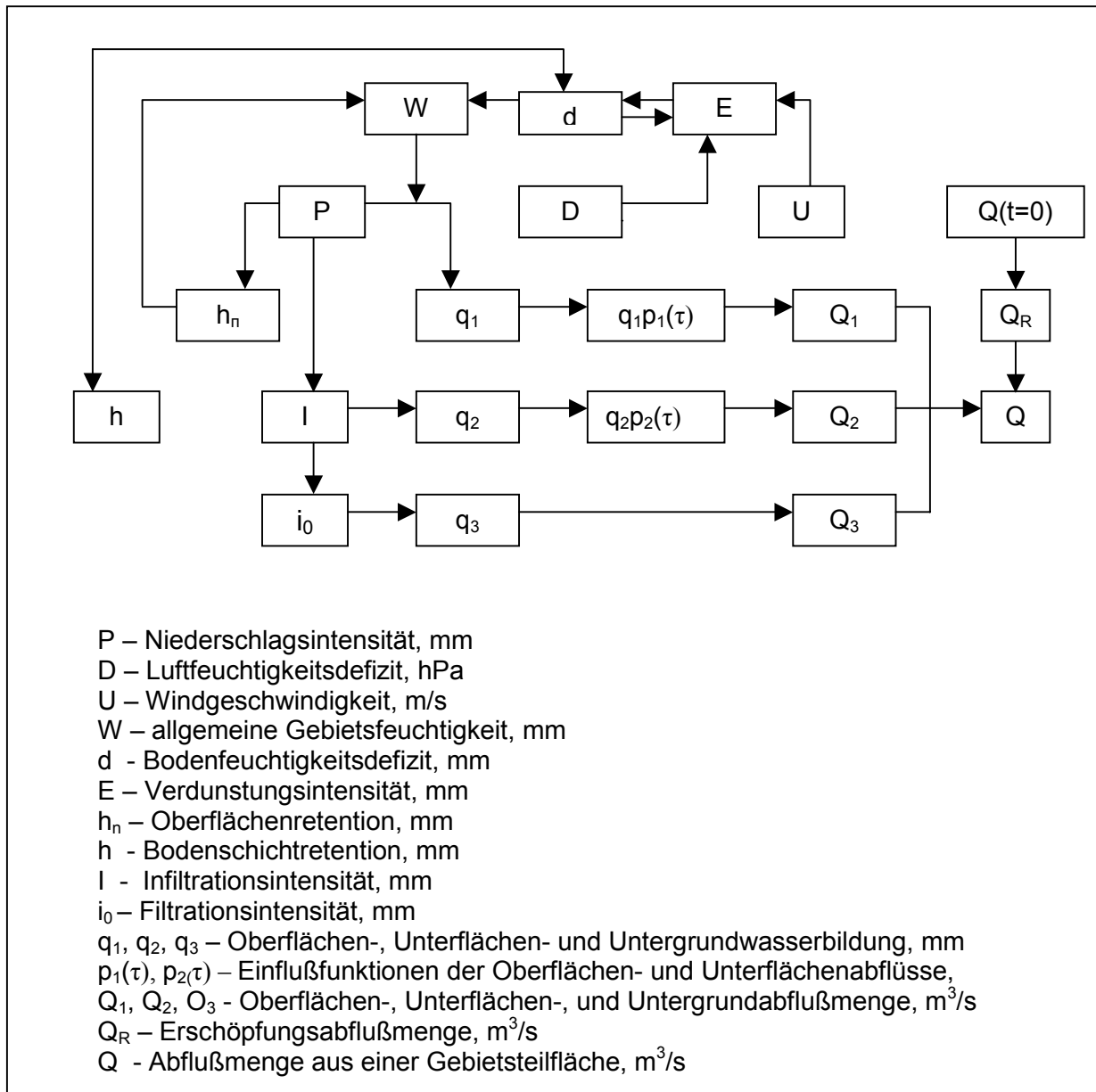


Abbildung 1. Die Struktur von mathematischem Abflußmodell DOSTSCH-3.

4. Verallgemeinerte Modellparameter

Die Parametergrößen, die durch Modellierung von Hochwasserabflüssen bestimmt und für Wasserabgaben verantwortlich sind, wurden in Verbindung zu irgendwelchen Landschaftsfaktoren hergestellt.

Maximales Wasserhaltungsvermögen W_m der Bodenwirkungsschicht, in der sich Unterflächenabfluß bildet, stark variiert in Gebirgsgegenden. Aber hauptsächlich verringern sich Schichthöhen im Hochgebirge. Darum kann man Parameter W_m in Abhängigkeit von mittlerer Höhenlage H eines Abflußgebiets berechnen:

$$W_m = \begin{cases} 116 - 0.12H, & H \leq 800 \text{ m}, \\ 20, & H > 800 \text{ m}. \end{cases} \quad (1)$$

Die Parameter K_3 und W_m wirken bei Berechnungen des Bodenfeuchtigkeitsdefizits, der Infiltrationsintensität, der Unterflächenwasserbildung und der Wasserretention. Von dieser Voraussetzung ausgehend werden diese Parameter in der Form vom Verhältnis W_m/K_3 geprüft. Dieses Verhältnis bestimmt maximale Wasserabgabehöhe des Unterflächenabflusses.

Es sich erweist, daß in Einzugsgebieten, die bis 30-35 % bewaldet sind, Wasserabgabehöhe bleibt ungefähr 1.4-1.5 mm/1 Std. Mit Vergrößerung der Waldigkeit nehmen diese Werte zu. Letztgenannte Abhängigkeit gilt in analytischer Darstellung so:

$$W_m/K_3 = \begin{cases} 0.67 \cdot 10^{-3}(f-30)^2 - 1.7 \cdot 10^{-3}(f-30) + 1.45, & f \geq 30 \%, \\ 1.45, & f < 30 \%. \end{cases} \quad (2)$$

Die Parametergrößen η stimmen mit Abflußkoeffizienten während der intensiven Hochwässer überein. In Verhältnissen von den Karpaten nähern sich Abflußkoeffizienten den Werten 0.50-0.90 und sind von mittleren Einzugsgefällen abhängig. Dazu wurde man mittels der Versuchsmodellierungen folgende Berechnungsformel erhalten:

$$\eta = \begin{cases} 1.30I + 0.45, & I < 0.35, \\ 0.90, & I \geq 0.35, \end{cases} \quad (3)$$

wo I – mittleres Einzugsflächengefälle (km/km).

5. Schlußfolgerungen

Infolge dieser Forschungen wurde deutlicher Zusammenhang zwischen den Parametern, die höchstens mögliche Intensität der Unterflächenwasserbildung bestimmen, und der Einzugsgebietswaldigkeit. Infolge Steigerung der Infiltrationsfähigkeit bei Vergrößerung der Waldflächen ereignet sich Hinüberfließung der Wasserabgabe zur Unterflächenschicht (in einem Tag bis 30-40 mm). Jene Parameter, die verhältnismässige Höchstgröße abflußwirkender Flächen ermitteln, sind von mittleren Einzugsgefällen abhängig und den Werten 0.80-0.90 erreichen.

Auf diese Weise wurde sich die Möglichkeit gezeigt, Landschaftsangaben bei der Identifikation des Regenabfluß-Modells anzuwenden und so die Abflüsse aus Teilflächen, die hydrologisch unbeobachteten sind, zu bewerten. Die Erstellung der wahrscheinlichen Änderungsbereiche dieser wichtigen Parameter erlaubt, ihre Ungewißheitsgrenzen bei Optimisierungsprozeduren zu verengern.

6. Literaturverzeichnis

- Befani A.N. (1969): Die Theorie der Hochwasserbildung und ihrer Berechnungsverfahren. Internat. Symposium über Hochwässer und ihre Berechnung, 1, Hydrometeoizdat, Leningrad, UdSSR.
- Sosyedko M. M. (1980): Besonderheiten der Anwendung des mathematischen Regenabflußbildung – Modells für die Hochwasserberechnung in Gebirgsgegenden. Trudy UkrNDHMI, 181, Moskau, UdSSR.
- Sosyedko M. M. (1980): Optimierungsschrittweise der Parameter von mathematischem Regenabflußbildung – Modell, das in Gebirgsgegenden angewendet wird. Trudy UkrNDHMI, 181, Moskau, UdSSR.
- Sosyedko M. M. (1986): Die Empfindlichkeitsmaßanalyse des mathematischen Regenhochwasser- Modells in Gebirgseinzugsgebieten. Trudy UkrNDHMI, 215, Moskau, UdSSR.
- Sosyedko M. M. (1988): Anwendungsbesonderheiten der Dekompositionsmethode bei der Identifikation von Abflußbildungssystemen. Trude UkrNDHMI, 231, Moskau, UdSSR.
- Sosyedko M., Dimitrow D., Kotschelaba E., Jankow W. (1990): Die Anwendung der mathematischen Modelle bei den Aufgaben der Berechnung und des Vorhersagen der Regenabflüsse (Methodische Anleitung). Sofia-Kiew, Ukraine-Bulgarien.

- Sosyedko M., Luk'janets O. (1993): Anwendung der mathematischen Modelle mit verteilten Parametern bei den kurzfristigen Hochwasservorhersagen in einer Gebirgsgegend.
- Sosyedko M., Luk'janets O. (1996): Quantitative Bewertungen optimaler Detaillierung der Berechnungszeitabschnitte und Einzugsgebietsflächen zur Abflussmodellierung in den Karpaten. Sammelband d.XVIII.Konferenz der Donauländer , 19/1B TU, Graz, Österreich.
- Luk'janets O., Sosyedko M. (2000): Die Struktur des Informations - und Vorhersagesystems im Flussbecken der Theiß (in den Grenzen der Ukraine). XX.Konferenz d.Donauländer (Kurzfassungen), Bratislava, Slowakei.