

ПИТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ГІДРОЛОГІЇ

Лук'янець О.І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Ключові слова: моделі, моделювання, математичні моделі формування стоку, прогноз режиму стоку води

Актуальність питання. Застосування математики в науках про Землю засновано на понятті математичної моделі. Математичне моделювання стало не тільки апаратом дослідження фізичних процесів на водозборі та в руслі, але й отримало практичну направленість. Гідрологічні прогнози – одна з галузей гідрології, де широко використовувалися і використовуються методи прикладної математики. Подальший розвиток методів прогнозування водного режиму річок важко собі уявити без використання математичних моделей, тому що можливості простих аналітичних або графічних залежностей дуже обмежена. Це обумовило розширення досліджень по розробці математичних моделей процесів формування стоку, які дозволяють побудувати уніфіковані алгоритми розрахунку різних елементів водного режиму, автоматизувати процеси обробки досить великих об'ємів інформації та випуску прогнозу. На теперішній час накопичено певний досвід реалізації математичних моделей у цілях прогнозування. Адекватне природі повноцінне математичне моделювання – це науковий прорив до нових можливостей у гідрології.

Попередні дослідження. Незважаючи на те, що математичні методи в гідрології використовуються дуже давно, математичне моделювання як сформований напрям визначився лише у 70-80 роки минулого століття, коли з'явилися можливості опрацювати великі об'єми інформації за допомогою обчислювальних машин. За цей короткий час у різних країнах запропоновано велика кількість моделей. Багато з них не пройшли перевірку часом, але є такі, які дали позитивні результати. Не випадково Всесвітня метеорологічна організація здійснила два проекти по взаємному порівнянню моделей формування дощового та талого стоку (1968-74 та 1984-87 рр.). Як й очікувалось, проекти не змогли виділити будь-яку модель, яка давала б найкращі результати у різних фізико-географічних умовах при недостатньої освітлюваності даними. Більш того, в деяких випадках прості моделі не поступалися більш складним [3].

Однією з перших теоретичних схем формування схилового стоку – генетична формула стоку М.А.Великанова – найбільш послідовно і часто застосовувалася при розробці методів прогнозування. Теоретичні дослідження формування зливого стоку, водного балансу річкових водозборів, процесів поглинання талих та дощових вод у річкових

басейнах, переміщення паводкових хвиль у руслі заклали основу кількісних методів прогнозування водного режиму.

Незважаючи на істотні досягнення у дослідженні фізичних закономірностей формування стоку, у практичних методах гідрологічних розрахунків і прогнозів приходиться використовувати різні схематизації реальних процесів. У першу чергу це можна пояснити локальністю гідрологічних процесів і, як слід, значною залежністю особливостей розвитку процесів на водозборі від великої кількості гідрофізичних характеристик підстильної поверхні, які сильно змінюються по території [6].

Моделювання та моделі. Математична модель і математичне моделювання – поняття, які настільки розширили своє місцеположення у сучасній науці, що змінили свою чисто методологічну сутність майже на світогляд. Дійсно, застосування математики для опису природи засновано на використанні математичних моделей, а сучасна математична фізика – це теорія математичних моделей фізичних явищ. Тому застосування методів математики до природних наук, у тому числі й до гідрології, побудовано виключно на математичному моделюванні.

Поняттю «моделювання» можна дати декілька визначень.

Моделювання – це *дослідження* реально існуючих природних об'єктів, явищ та процесів, які мають відношення, у нашому випадку, до кола проблем, що входять до області інтересів гідрології.

Моделювання – це *спосіб опису* об'єктів, явищ та процесів, який передбачає найбільше наближення до реальної дійсності з врахуванням всіх вихідних обставин.

Моделювання – це не просто найбільш повноцінне дослідження та опис, але одночасно *процес конструювання* конкретної моделі, її *реалізація та використання* на таких же конкретних об'єктах.

Тепер слід дати визначення поняттю «модель». Отже, модель – відображена реальність. Модель – це щось відповідне до оригіналу. Модель – спрощене схематичне уявлення про природні явища та процеси. Модель – це відповідним чином організоване знання.

В залежності від завдань та особливостей змістових моделей є різні варіанти їх використання – фізичне моделювання, графічне моделювання, моделювання у природі «in situ» (у місці знаходження), математичне моделювання. У гідрології в основному використовують математичні моделі. Залучення інших варіантів моделювання у вирішенні деяких завдань гідрології може бути досить корисним, а спільне використання різних методологічних засобів у необхідних випадках – дуже потужна дослідницька зброя.

Принципи проектування математичних моделей формування стоку. Математична модель – наближений опис природних явищ та процесів, який відображено за допомогою математичних правил і математичної символіки. Математичне моделювання – спосіб опису природних явищ та процесів, який ґрунтується на застосуванні

математичних моделей [1]. При проектуванні математичних моделей формування стоку і для отримання працездатної моделюючої системи необхідно дотримуватися таких основних принципів:

I. Модель повинна бути адекватна до природи, що вимагає ретельного перегляду наших знань про систему гідрометеорологічних процесів, об'єднаних під назвою «процеси формування стоку». Досвід моделювання показав, що часто відсутня кількісна інформація про умови, процеси та явища, про які гідрологи мають поверхові або тільки якісні уявлення. Крім цього, про формування стоку та його особливості у різних фізико-географічних умовах і процеси, які його супроводжують, часто маємо викривлені або навіть невірні уявлення.

II. Гідрологічна сутність розглядаємих явищ повинна стояти на першому місці щодо застосованого математичного апарату.

III. Досягнення рівноваги між простотою та складністю при проектуванні моделі. Іноді поєднання детальних підмоделей часткових процесів в єдину систему приводить до «провалу». А надзвичайне спрощення – до повної втрати ефективності від застосування методології математичного моделювання.

IV. Модель повинна бути зорієнтована на реально існуючу вихідну інформацію

V. Систематизація параметрів моделі, які відображають об'єктивні фізичні характеристики водозборів. Без цих параметрів не можна вважати моделі фізично обґрунтованими.

VI. Завжди повинно бути підготовлені рекомендації по використанню моделюючої системи, що може бути допомогою можливого користувачеві та дисциплінує розробника.

Всі перелічені принципи дуже важливі. Тільки їх повне урахування може привести до бажаного результату – отриманню працездатної моделюючої системи. Сучасне математичне моделювання може вирішити будь-які традиційні та багато нових завдань гідрології. Це вивчення процесів формування стоку за допомогою моделі, включаючи різного роду експерименти, й чисто прикладні завдання – отримання гідрографів стоку з вивчених та невивчених басейнів, прогнозна оцінка змін стоку під впливом клімату, оперативні прогнози (короткострокові, довготермінові) для різних фаз режиму стоку. Моделі дозволяють одночасно отримати інформацію об елементах водного балансу (опади, випаровування, стік), про змінність стану певних показників у різних точках басейну, наприклад, запасів води у снігові, вологості ґрунту тощо. Тому в сучасній гідрології найбільше розповсюдження отримали детерміновані, концептуальні, динамічні моделі формування стоку з розподіленими параметрами [4].

Основні проблеми математичного моделювання у завданнях прогнозування стоку. Специфіка гідрологічного прогнозування пред'являє певні вимоги до математичних моделей. Досвід математичного моделювання показав, що недостатньо побудувати модель, нехай навіть

добре обґрунтовану фізично [7].

При опису процесів формування стоку необхідно, з одного боку, як можна більш детально описати ці процеси, а з другого – забезпечити практичну адаптацію та реалізацію моделей в автоматизованих прогностичних системах, що є однією з центральних проблем математичного моделювання. В результаті компромісу між цими двома підходами виникає та чи інша модель, тобто ці обставини істотно обмежують спектр моделей, які можна застосовувати у практиці гідрологічного прогнозування. Особливо це важливо у завданнях, які пов'язані з прогнозуванням режиму річок, коли гідрометеорологічна інформація дуже обмежена, її точність невисока, а вимоги до точності прогнозів достатньо жорсткі.

При виборі структури математичної моделі оптимального рішення можна досягнути завдяки розробці комплексу моделей (підмоделей), у яких максимально враховуються найбільш характерні процеси для типових елементів водозбору та більш «грубо» описуються найменш суттєві процеси. Ступінь схематизації моделі залежить не тільки від особливостей формування стоку, але й від інформаційного забезпечення та особливостей поставлених завдань. Інформація про характеристики водозбору і гідрометеорологічні стокоформуєчі процеси, які на ньому відбуваються, при рішенні гідрологічних завдань змінюються у широких межах. Лише деякі з них можна виміряти у принципі. Інформація ж математичної моделі складається з апріорної інформації, яка включена в структуру моделі та інформації, яка вміщується в параметрах моделі. Всі вони визначаються із спостережень за конкретним об'єктом або явищем. Все це потребує оцінки інформації, яку ми маємо, та можливостей для побудови математичних моделей у кожному конкретному випадку. Тому у математичному моделюванні для потреб прогнозування проблема схематизації реальних процесів для водозбору є досить важливою. У процесі побудови моделюючої прогностичної системи проводяться порівняльні розрахунки, які наближені до оперативних умов, з використанням різних моделей (підмоделей) і на основі аналізу отриманих результатів робиться остаточний вибір.

Рішення завдань, які пов'язані з гідрологічними прогнозами, залежать від майбутніх метеорологічних умов, які невідомі на момент випуску прогнозів. Тому істотний вплив на розвиток методів гідрологічних прогнозів має прогрес в області прогнозів погоди. Якщо раніше метеорологічні прогнози практично не використовувалися або використовувалися лише для якісних оцінок, в сучасних методах гідрологічного прогнозу, який ґрунтується на математичному моделюванні, деякі прогнози погоди включаються або вже залучені у розрахункових схемах прогностичних систем.

Висновки. Як основа для створення методів гідрологічних розрахунків та прогнозів нового покоління повинно слугувати математичне моделювання. Для того, щоб успішно моделювати, слід дуже

добре знати об'єкт дослідження та моделювання – це процеси формування стоку. Таким чином, проблема – у методологічних аспектах моделювання, тому що моделювати одне й теж явище можна по-різному.

Тепер, як результат обчислень, можна отримати величезні масиви цифр або будь-які графічні побудови, не виключаючи при цьому істотної частини своїх методів і підходів. Суть проблеми, насамперед, у приході нового розуміння, світогляду, нових складних моделей, сама можливість появи яких є природним наслідком приходу епохи комп'ютерів.

Список літератури

1. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока / Ю.Б. Виноградов. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 312 с. 2. Грушевский М.С. О математическом моделировании процесса формирования речного стока / М.С. Грушевский // Тр.ГГИ. –1973. – Вып. 211. – С. 3-59. 3. Корень В.И. Математические модели в прогнозах речного стока / В.И. Корень. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 200 с. 4. Лук'янець О.І. Математичне моделювання в гідрометеорології як фактор наукового пізнання / О.І. Лук'янець. – К.:Ніка-Центр, 2005. – 40 с. 5. Попов Е.Г. Вопросы теории и практики прогнозов речного стока/ Е.Г. Попов. – Л. : Гидрометеиздат. – 1983. – 396 с. 6. Применение математических моделей в задачах расчета и прогноза дождевого стока (методическое руководство) / Соседко М., Димитров Д., Кочелаба Е., Янков В. – София-Киев, 1990. – 118 с. 7. Сусідко М.М. Математичне моделювання процесів формування стоку як основа прогностичних систем / М.М. Сусідко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2000. – Т. 1. – С.32-40.

Питання моделювання та прогнозування в гідрології

Лук'янець О.І.

Показано значення математичного моделювання як загальнонаукового метода пізнання і дослідження. Розглянуті основні задачі математичного моделювання процесів формування стоку води на сучасному етапі розвитку гідрології, системний підхід до його використання в гідрологічних прогнозах.

Вопросы моделирования и прогнозирования в гидрологии

Лукьянец О.И.

Показано значение математического моделирования как общенаучного метода познания и исследования. Рассмотрены основные задачи математического моделирования процессов формирования стоку воды на современном этапе развития гидрологии, системный подход к его использованию в гидрологических прогнозах.

Modelling and forecasting questions in the hydrology

Lukyanets O.I.

Value of mathematical modeling as general scientific method of knowledge and research is shown. The primary problems of mathematical modeling of processes of water flow formation on the modern stage of hydrology development, the system approach to its use in hydrological forecasts are considered.