

ля від складової, обумовленої рельєфом місцевості спостережень.

2. При виконанні високоточних магнітометричних досліджень на локальних ділянках доцільно проводити топографічні роботи як в межах ділянки спостережень, так і за її контурами для врахування крайових ефектів. Такі роботи слід проводити у разі перевищення магнітних ефектів від рельєфу над похибкою вимірювань [2, с.22-24].

3. Підвищенню точності розрахунків ефектів рельєфу сприяє додаткова інформація про характер зміни I_k уздовж профілю. Дискретність визначення I_k контролюється градієнтом зміни цієї величини.

1. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. – Л.: Недра, 1979. – С. 351. 2. Ревякин П.С., Бродовой В.В., Ревякина Э.А. Высокоточная магниторазведка. – М.: Недра, 1986. – С. 272. 3. Булах Е.Г., Корчагин И.Н., Кутас Р.И., Цвященко В.А. Автоматизированный подбор гравитационных магнитных и геотермических аномалий: алгоритм и результаты решения модельных и практических задач. К.: ВИНТИ, 1988. С. 228. 4. Якимчук Н.А., С.П.Левашев, Корчагин И.Н., Прилуков В.В., Якимчук Ю.Н. Аппроксимация изолированных источников и слоисто-блоковых разрезов в алгоритмах автоматизированного поиска гравитационных и магнитных полей.: Геоинформатика – 2002. – №1 – С.48-62. 5. Корчагин И.Н., Михеева Т.Л., Панченко Н.В., Шумик С.В. О возможности подбора источников аномалий по данным трехкомпонентных измерений магнитного поля. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції "Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища". – К.: 2006. – С. 117. 6. Долгаль А.С. Компьютерные технологии обработки и интерпретации данных гравиметрических и магнитных съемок в горной местности. – Абакан, 2002. – 188 с.

Надійшла до редколегії 04.03.07

ГЕОІНФОРМАТИКА

УДК [912:681.518] (075.8)

О.Є. Кошляков, канд. геол.-мін. наук, О.В. Диняк, асп.

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКІВ ҐРУНТОВИХ ВОД В ДОЛИНАХ МАЛИХ РІЧОК М. КИЄВА

Наведено результати математичного моделювання потоків ґрунтових вод в долині р. Либідь, визначені гідродинамічні складові формування потоку. На цій основі розроблений новий методичний підхід до математичного моделювання потоків ґрунтових вод в долинах малих річок м. Києва.

The results of mathematical modeling of underground water streams in the valley of Lybyd are established. The hydrodynamic conditions forming's of stream are determined. A new methodical approach to the mathematical modeling of underground water streams in the valleys of small Kiev's rivers is developed.

Постановка проблеми. В результаті широкомасштабного та інтенсивного антропогенного впливу відбувається значне перетворення геологічного середовища. Особливо значних змін зазнає верхня частина підземної гідросфери, оскільки інженерне освоєння будь-яких територій в тому чи іншому ступені викликає порушення природних умов живлення, циркуляції та розвантаження ґрунтових вод, тобто порушення умов природного водообміну. Вивчення умов формування потоків ґрунтових вод є важливим питанням, оскільки саме з ґрунтовими водами пов'язаний розвиток процесів підтоплення.

Аналіз проблеми. Перетворення водного балансу забудованих територій призводить, як показують дослідження, до збільшення живлення ґрунтових вод в результаті акумуляції схилового стоку і інтенсивної інфільтрації на ґрунтових поверхнях, техногенної інфільтрації, конденсації вологи під непронижними поверхнями та ін.

Гідродинамічні зміни потоку ґрунтових вод під впливом урбанізації полягають в зміні глибини залягання ґрунтових вод і потужності їх горизонту, які часто мають ярко виражений неусталений характер. Крім того, при відповідній геолого-літологічній будові приповерхневої товщі ґрунту на забудованих ділянках під дією техногенних процесів часто відбувається утворення лінз техногенної верховодки в раніше не обводнених ґрунтах зони аерації. Подібні лінзи можуть іноді зливатися і формувати новий перший від поверхні постійний, витриманий на відносно невеликих ділянках, горизонт підземних вод техногенного походження. В результаті можуть набути розвитку не лише власне процеси підтоплення, а й пов'язані з ними такі небезпечні процеси як зсуви, карст, просідання та осідання земної поверхні, зміна сольового режиму ґрунтів, загальної та сейсмічної стійкості ґрунтів зони аерації. Слід підкреслити, що підтоплення суттєво впливає на санітарно-епідеміологічний стан міст.

Підтоплення має помітний прояв, зокрема, в долинах малих річок на території м. Києва, русла яких можуть бути облицьовані гранітними чи бетонними блоками, замулені техногенними відкладами, що ускладнює

природний зв'язок поверхневих вод з підземною гідросферою. Для долин малих річок характерним є густе і глибоке ерозійне розчленування. Тут ґрунтовий водоносний горизонт приурочений до алювіальних верхньочетвертинних і сучасних відкладів долин малих річок (Либідь, Сирець, Віта, Нивка) і першої надзаплавної тераси р. Либідь. В долині р. Либідь горизонти алювію заплави і першої надзаплавної тераси являють собою єдиний алювіальний водоносний комплекс. Води даного комплексу не захищені від забруднення з поверхні землі. Водовміщуючими породами є дрібнозернисті, тонко-дрібнозернисті і дрібно-тонкозернисті піски, нерідко з прошарками суглинків. Підземні води комплексу мають скрізь вільну поверхню. Статичні рівні залягають на глибинах 2-4м, у середньому 3м. Амплітуда сезонних коливань рівня ґрунтових вод складає 0,3-0,7м. У гідродинамічному відношенні ґрунтові води являють собою потоки, що спрямовані вздовж русел річок, із гідравлічними ухілами від 0,02-0,03 у верхів'ях до 0,002-0,005 у середній і нижній течіях річок. Зміни рівня ґрунтових вод викликають просадкові явища, набрякання глинистих ґрунтів, що призводить до деформацій будинків, а також до розвитку схилових процесів. При цьому основним питанням досліджень є встановлення меж можливого розвитку підтоплення в просторі та часі, тобто ділянок, де цей процес може проявитися тільки за певних сприятливих умов (потенційного підтоплення) [1]. Встановлення меж ділянок потенційного підтоплення базується на геолого-геоморфологічних, тектонічних, гідрогеологічних засадах з урахуванням виду техногенного впливу і за звичай виконується за допомогою математичного моделювання геофільтрації.

Математичне моделювання геофільтрації є одним з найбільш ефективних методів вивчення процесу підтоплення з метою запобігання негативним факторам впливу. Побудова математичної моделі взагалі і особливо для територій, що зазнають значного техногенного навантаження, є однією з важливих задач сучасних гідрогеологічних досліджень [3]. Для побудови мо-

делі, що буде в достатній мірі відповідати реальним гідрогеологічним умовам певної території, необхідна велика кількість різноманітної геологічної, геофізичної, гідрогеологічної інформації. Крім того, залучається гідрологічна та метеорологічна інформація, а також, при врахуванні антропогенного фактору – кількісні дані про чинники, що негативно впливають на гідрогеологічні умови досліджуваної території. На відміну від інших геофільтраційних задач, тут додається невизначеність даних про втрати з водонесучих комунікацій, а також про порушення природної гідрогеологічної ситуації внаслідок забудови, ремонтів, зміни режиму стоку з поверхні землі і вертикального вологопереносу. Вирішення поставленої задачі вимагає аналізу великого об'єму вихідних даних різної тематики (проектувальних карт і схем, результатів польових досліджень, даних аналізів і розрахунків та ін.) і створення набору результуючих матеріалів оцінювального, прогнозного і рекомендаційного характеру. Значну кількість цих матеріалів доцільно представити у вигляді карт, схем, блок-діаграм та інших картографічних матеріалів, які повинні добре співставлятися між собою, взаємодоповнюватися. Тому вирішення проблеми такого роду доцільно здійснювати на базі географічної інформаційної системи [2].

Методика та результати дослідження. В результаті дослідження, на прикладі долини річки Либідь, розроблений та апробований методичний підхід до математичного моделювання потоків ґрунтових вод в долинах малих річок м. Києва на базі програмного комплексу Processing Modflow for Windows (PMWIN) із застосуванням географічних інформаційних систем MapINFO та ArcVIEW для ефективного використання невпорядкованої та заздалегідь не взаємопов'язаної вихідної інформації, яка до того ж отримана у просторово невпорядкованих точках спостережень.

Головні особливості розробленого методичного підходу полягають у наступному.

1. Всі фактори, що визначають водообмін, доцільно розділити на природні та антропогенні; активні та пасивні; постійні та тимчасові, локальні та регіональні. Оскільки дані про геофільтраційні параметри ґрунтової товщі майже відсутні, спочатку визначається можливий діапазон їх змін за літературними і фондовими даними (зокрема, за даними інженерно-геологічних вишукувань). У подальшому шляхом розв'язання серії обернених задач [3] параметри коригуються. Критерієм перевірки отриманих таким чином значень параметрів є збіжність результатів зниження рівня ґрунтових вод внаслідок реальних відкачувань, що виконувались на даній території, та результатів математичного моделювання згаданих відкачувань.

2. Вихідну карту гідроізогіпс у першому наближенні доцільно отримувати із використанням геоінформаційних систем для визначення головних особливостей руху потоку ґрунтових вод та відбракування або коригування тих вихідних даних, що вміщують суттєві похибки. При цьому повинні бути враховані похибка топографічної прив'язки точок спостережень та сезонні і багаторічні зміни рівня ґрунтових вод для даної території. Таким чином встановлюються основні фактори впливу на формування гідродинамічної обстановки, що в подальшому дає можливість врахувати на математичній моделі зміну гідродинамічних умов. Кінцевий варіант карти гідроізогіпс отримується і коригується вже за допомогою створеної геофільтраційної моделі. Цей модельний варіант, з одного боку, повинен віддзеркалювати встановлені головні особливості руху потоку, з іншого боку, збігатися з даними натурних спостережень за рівнем ґрунтових вод в межах припустимої обґрунтованої похибки. Схематична карта гідроізогіпс для території долини річки Либідь наведена на рис. 1.

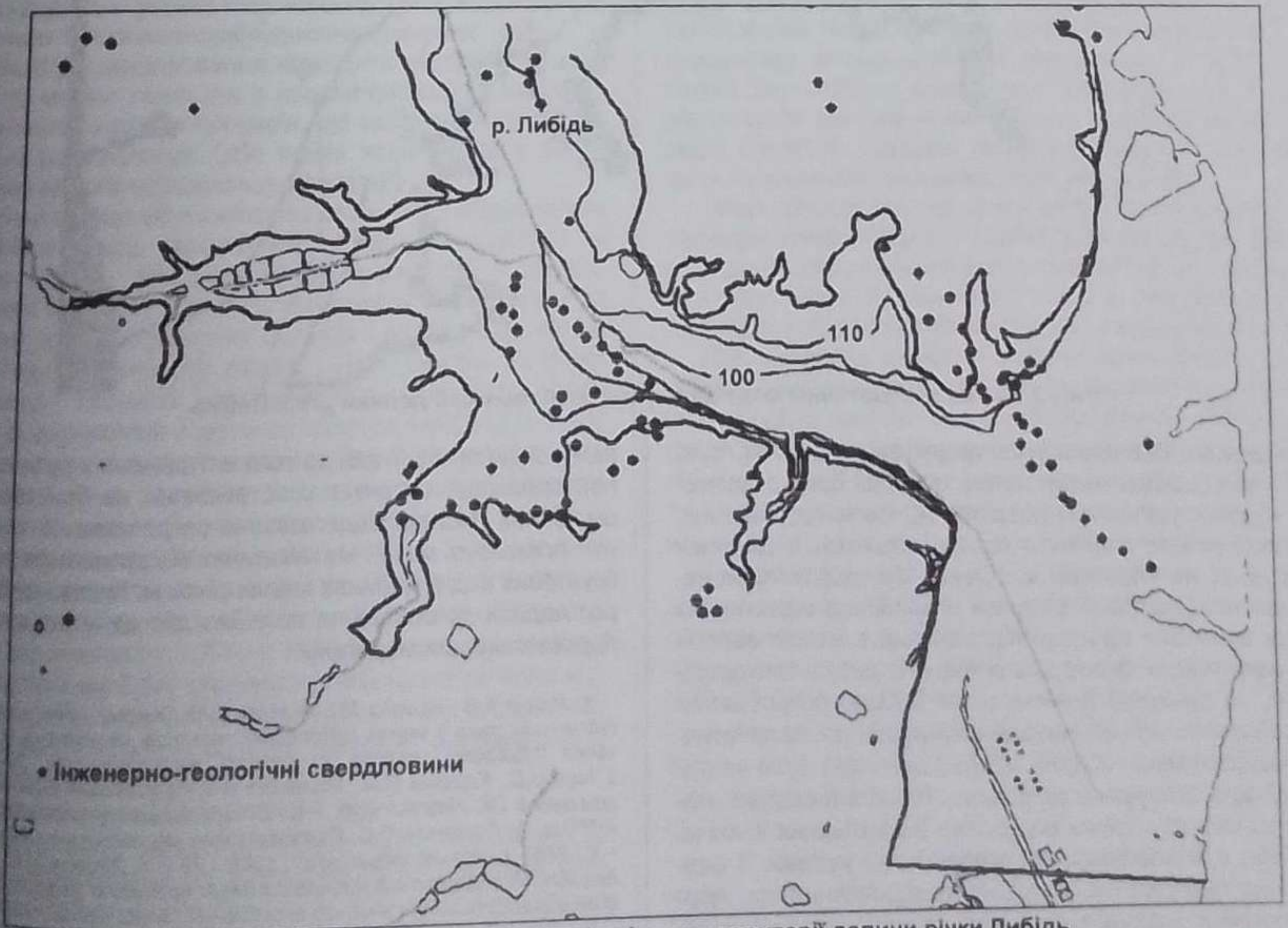


Рис. 1. Схематична карта гідроізогіпс для території долини річки Либідь

3. Математичне моделювання повинно виконуватись в дуже детальному масштабі. При створенні моделі ґрунтового потоку в долині р. Либідь територія була покрита сіткою з мінімальними розмірами блоку 10x10м. Саме при такому розмірі блоків виявилось можливим досить детально відобразити в плані межі розповсюдження водоносного комплексу та русла річки. Річка на моделі задана за допомогою граничних умов третього роду, що дає можливість врахувати зв'язок ґрунтових та поверхневих вод. Для урахування бокового притоку з іншого водоносного горизонту, як складової живлення потоку ґрунтових вод, по межі його розвантаження (яка є власне межею водоносного комплексу, що моделюється) було задано граничну умову другого роду. Величина згаданого бокового притоку визначалась на моделі шляхом застосування відомого з аналогового математичного моделювання [4] прийому – моделювання за допомогою так званої "плаваючої" межі. Спочатку виділяється умовна область, за межі якої вплив процесу формування потоку практично не поширюється, а на віддалені від області задається умовна межа з

граничною умовою першого роду. Шляхом коригування цієї граничної умови досягається мінімальна розбіжність між модельною та вихідною картами гідроізопс, а потім визначені величини бокового притоку на реальній межі задаються як гранична умова другого роду. Схема математичної моделі геофільтрації території долини річки Либідь наведена на рис. 2.

4. При визначенні модельної величини інтенсивності інфільтраційного живлення потоку ґрунтових вод слід врахувати, що інфільтрація атмосферних опадів на забудованих територіях різко відрізняється від природних, оскільки вона пов'язана з умовами закритості території, господарського використання, інженерної підготовки. Крім того, мають місце техногенні втрати з водонесучих комунікацій. Тому модельні величини інтенсивності інфільтраційного живлення вимагають детального коригування в діапазоні їх можливих змін.

5. Математичне моделювання потоків ґрунтових вод в долинах малих річок м. Києва необхідно розглядати як створення постійно діючих математичних гідрогеологічних моделей [3].

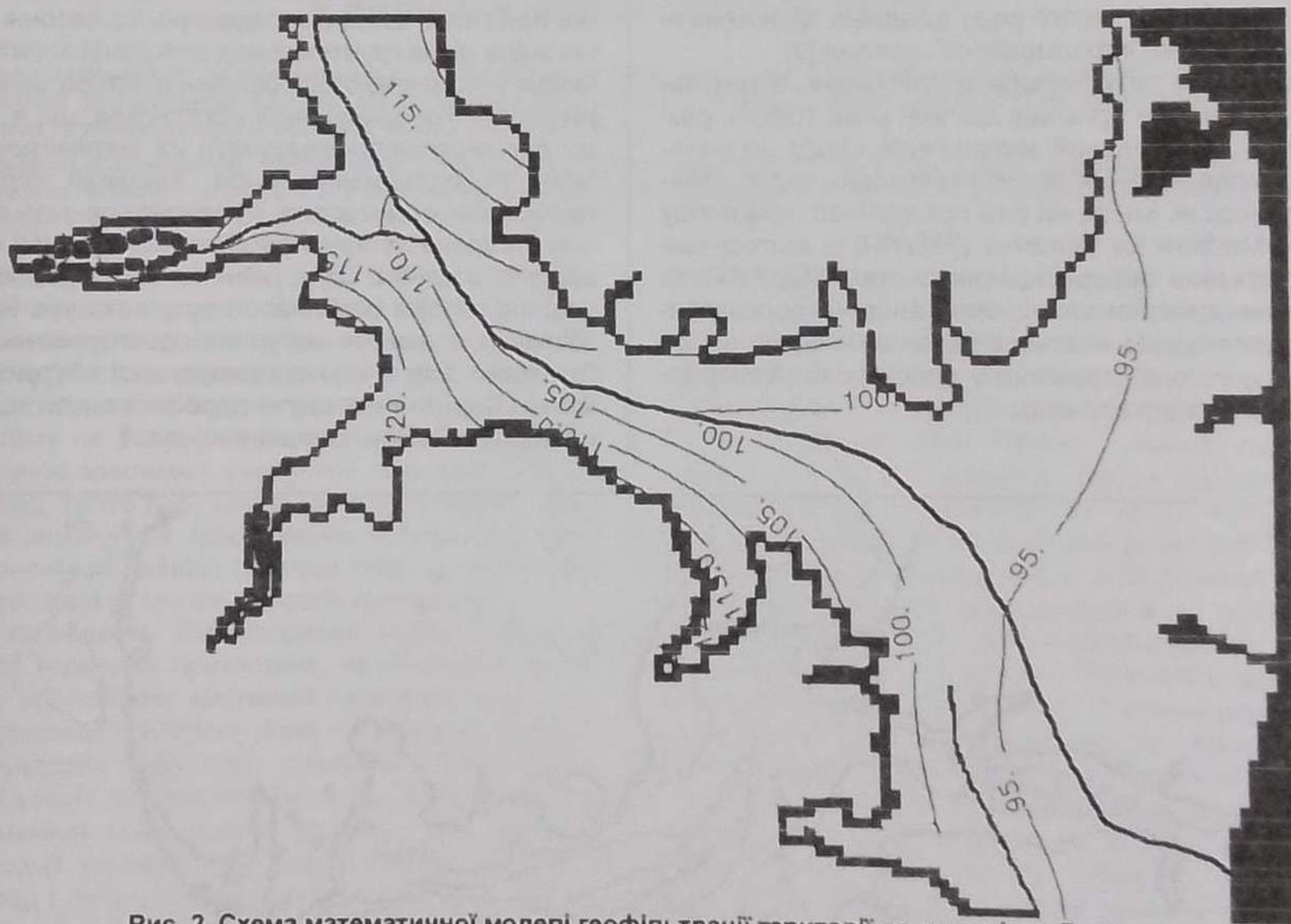


Рис. 2. Схема математичної моделі геофільтрації території долини річки Либідь

Висновки. Вивчення умов формування потоків ґрунтових вод є важливим питанням, оскільки саме з ґрунтовими водами пов'язаний розвиток процесів підтоплення. Підтоплення має помітний прояв, зокрема, в долинах малих річок на території м. Києва. Математичне моделювання геофільтрації є одним з найбільш ефективних методів вивчення процесу підтоплення з метою запобігання негативним факторам впливу. В результаті дослідження, на прикладі долини річки Либідь, розроблений та апробований новий методичний підхід до математичного моделювання геофільтрації, який може бути застосований для створення детальних геофільтраційних моделей потоків ґрунтових вод долин інших малих річок м. Києва або в аналогічних гідрогеологічних умовах. Згаданий підхід передбачає, зокрема, використання інженерно-геологічної інформації; використання невпорядкованої та заздалегідь не взаємопов'язаної вихідної гідрогео-

логічної інформації, яка до того ж отримана у просторово невпорядкованих точках спостережень, на базі геоінформаційних систем; моделювання за допомогою так званої "плаваючої межі". Математичне моделювання потоків ґрунтових вод в долинах малих річок м. Києва необхідно розглядати як створення постійно діючих математичних гідрогеологічних моделей.

1. Луцук А.В., Швирло М.І., Яковлев Є.О. Основні зміни інженерно-геологічних умов у межах підтоплених територій та напрями їх доavinчення // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, 2003 №6
 2. Іщук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Є. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС : Навч. посіб. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2003 – 200 с.
 3. Кошляков О.Є. Гідрогеологічне моделювання : Підручник – К.: ВПЦ "Київський університет", 2003 – 79 с.
 4. Жернов И.Е., Павловец И.Н. Моделирование фильтрационных процессов (гидрогеологическое моделирование) : Учебное пособие – К. "Вища школа", 1976.