

ність результату моделювання вторинного забруднення водного об'єкту:

✓ повинні забезпечувати можливість достатньо спрощеного їх визначення шляхом натурних, експериментальних досліджень і спостережень;

✓ повинні давати уяву про фізичну сутність процесу, який вони кількісно характеризують (для визначення внеску цього процесу в загальне вторинне забруднення або очищення води);

✓ розмірність параметрів повинна узгоджуватись із вихідними рівняннями та цілями моделювання;

✓ подібні за фізичною сутністю параметри процесів (наприклад, вилуговування з укосів каналу та окремо – з донних відкладів) повинні визначатись за єдиною методикою або підходом;

✓ при оцінці параметрів на фізичних моделях, або в натурних умовах слід враховувати представничість моделі, тобто компетентні елементарні об'єми [3] і час досягнення умовної рівноваги;

✓ умови експериментів із їх визначення повинні бути близькі до прогнозних реальних умов;

✓ обов'язкове пряме (натурне) визначення радіаційно-водобалансових складових;

✓ визначення радіаційно-балансових складових за допомогою фізичних експериментів та окремих рівнянь (блоків компартментної моделі);

✓ визначення радіаційних параметрів шляхом вирішення обернених задач із узагальнюючого рівняння;

✓ кількісні їх значення повинні характеризувати діапазон від достовірних мінімальних до максимальних значень, в межах яких лежить шукане реальне значення, що дозволить отримати прогнози від найгірших (песимістичних) до кращих (оптимістичних), оскільки при довгострокових прогнозах можливі зміни різних параметрів в широкому діапазоні;

✓ повинні характеризувати звичайні та екстремальні умови, що враховують можливість впливу певних чинників та їх сумісної дії;

✓ складні біохімічні процеси оцінюються або через коефіцієнти накопичення в занурених гідробіонтах, або по узагальнюючих коефіцієнтах сорбції-десорбції.

Додамо, що найбільш неоднозначні, мінливі на протязі року параметри (або такі, що важко визначити експериментально), наприклад, поглинання радіонукліду гідробіонтами (залежить від багатьох кліматичних і гідрологічних чинників і значно змінюється на протязі року), можуть бути визначені розрахунковим шляхом – при вирішенні обернених задач. Але для цього необхідно встановити точне значення W_i , що для каналів з розгалуженою боковою мережею дуже важко.

УДК 550.552.53

В.В. Шевчук, д-р геол.-мін. наук, В.О. Горбань, канд. фіз.-мат. наук, О.М. Іванік, канд. геол. наук

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СЕЛЕВИХ ПОТОКІВ НА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Аргументується необхідність створення засобів кількісної оцінки впливу селевих потоків на інженерні споруди. Розроблено математичну модель та програмний модуль аналізу впливу селеві на техногенні комплекси із врахуванням параметрів селевих потоків та факторів їх формування.

The necessity of development of quantitative assessment of mud flows influence on engineering objects is argued. Mathematical model and software is developed for the analysis of mud flow influence on technogene complexes with the estimation of mud flow parameters and their factor formation.

Вступ. Значні економічні збитки, пов'язані із небезпечними геологічними процесами, диктують необхідність розробки нових засобів точного прогнозу поведінки природно-техногенних комплексів. Таким вимогам ки природно-техногенних комплексів. Таким вимогам якнайбільше відповідають методи комп'ютерного моделювання силового впливу різноманітних геологічних процесів на інженерні комплекси різного призначення.

Висновки. На основі досвіду експериментальних досліджень на осушувальних системах гумідної зони України вдалось визначити, схематизувати і параметризувати всі основні джерела надходження радіонуклідів у розчин. Завдяки цьому розроблено оптимізоване балансове рівняння радіоактивного забруднення поверхневих вод каналів, в якому більшість від'ємних складових враховані в інтегральних параметрах. Вирішення рівняння радіаційного балансу дозволяє виділити найбільш впливові чинники забруднення, а звідси – визначити характер, можливість та доцільність водоохоронних заходів для їх нейтралізації. Доведено, що при виборі водоохоронних заходів не можна спиратись на кількісну оцінку лише одного, або кількох здавалося б пріоритетних процесів забруднення, без порівняння їх з усіма іншими. Таку оцінку бажано виконувати кількома методами, з обов'язковим експериментальним вивченням кінетики процесу.

1. Шевченко О.Л. Парадигма водоохоронної діяльності на меліоративних системах Чорнобильської зони відчуження // *Екологія і здоров'я людини*. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов. Сб. науч. тр. XIII-ой междунар. науч.-тех. конф. (13-17 июня 2005, Алушта). Харьков-Алушта. 2005. Т. II. – С. 521-527. 2. Горев Л.М., Коваленко П.І., Лаврик В.І. Гідроекологічні моделі. Кн. 1 – К.: Аграрна наука, 1999. – 439 с. 3. Ситников А.Б. Водная равновесная и неравновесная миграция веществ (радионуклидов) в почвогрунтах. – К.: Фитоцентр, 2003. – 168 с. 4. Сизоненко В.П. Модели повышенной точности прогнозирования распространения радионуклидов в днепровских водохранилищах // *Кибернетика и вычислительная техника. Сложные системы управления*. № 111, Киев, 1997. 5. Янчук В.М., Колодницький М.М., Ковальчук А.М., Левицький В.Г., Орлов О.О. Методи та засоби математичного моделювання міграції радіонуклідів у природних екосистемах. Т.1. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 142 с. 6. Madsen H. On the use Monte Carlo simulation methods for data assimilation in MIKE 21. Internal Report International Research Centre for Computational Hydrodynamics, Danish Hydraulic Institute, Agern Alle 5, DK-2970 Horsholm, Denmark. 1997. – 38 p. 7. Comey P.A., Christian C.D. Tide generated currents in the Hauraki Gulf using MIKE21. // *Proceedings of the Third International Conference on Hydroinformatics*, Copenhagen, Denmark, 24-26 August 1998. – Vol. 2. – Rotterdam: A.A. Balkema, 1998. – P. 1311-1318. 8. Shanahan P., Henze M., Koncsos L., Rauch W., Reichert P., Vanrolleghem P. River water quality modeling: II. problems of the art // *Water Science and Technology*. – 1998. – Vol. 38, №11. – P. 245-252. 9. Шевченко О.Л., Киресє С.І., Гудзенко В.В., Михайлов Ю.О. Моделювання вторинного радіоактивного забруднення вод меліоративних каналів. Меліорація і водне господарство. Вип. 87. Київ. 2001. – С. 72-85. 10. Шевченко О.Л., Козицький О.М., Завертальюк Т.Ю. Прогнозування об'ємних активностей радіонуклідів з врахуванням даних про заростання та замулення водотоків // *Антропогенно-змінене середовище. Ризики для здоров'я населення та Екологічних систем*. Мат.-ли міжнар. конф., Спец. випуск "Екологічного вісника". Київ. 2003. – С. 203-211. 11. Шевченко О.Л., Насєдкін І.Ю. Водно-радіаційно-балансові дослідження для обґрунтування водоохоронних заходів у Чорнобильській зоні відчуження. // *Меліорація і водне господарство*. Вип. 89. 2003. – С. 157-170. 12. Долін В.В., Бондаренко Г.М., Орлов О.О. Самоочищення природного середовища після Чорнобильської катастрофи. К.: Наукова думка. 2004. – С. 157-178.

Надійшла до редколегії 22.02.07

залізниць, автошляхів тощо та демонструє значну увагу науковців до визначення можливих факторів виникнення цих небезпечних явищ [1, 2]. Такими факторами виступають кліматичні та мікрокліматичні умови, що визначають характер та кількість опадів; геологічна та геоморфологічна будова території та її вплив на динамічні умови формування та режим селевих потоків, а також техногенні процеси, що порушують динамічну рівновагу у межах природно-техногенних систем.

Безумовно, що всі зазначені чинники формування селів повинні враховуватись при моделюванні селевого потоку та розрахунках його впливу на інженерні споруди.

Математична модель оцінки впливу селей на техногенні комплекси. Для створення алгоритму та розробки розрахунково-аналітичного модуля оцінки впливу селевих потоків на техногенні споруди використовувались наступні аналітичні залежності.

Для визначення повного тиску селевого потоку на інженерну споруду [3], що являє собою суму динамічного та статичного тиску, запропоновано наступну формулу:

$$P_{\text{повний}} = 0,1 \gamma_c (5H_0 + v_c)^2 \quad (1)$$

де $P_{\text{повний}}$ [т/м²] – повний тиск, γ_c [т/м³] – середня густина (питома вага) селевого потоку, H_0 [м] – глибина селевого потоку, v_c [м/с] – швидкість селевого потоку.

Швидкість селевого потоку v_c може бути знайдена за формулою Тєрі:

$$v_c = \sqrt{\frac{df(\gamma_T - \gamma_c)}{K \cdot \gamma_T}} \cos \theta, \quad (2)$$

де d [м] – середній (характерний) розмір твердої фракції, $f = 0.5 \div 0.8$ – емпіричний коефіцієнт тертя, γ_T [т/м³] – питома вага твердої фракції, θ° – кут нахилу русла, по якому рухається сіль, $K = 0.076$ – емпіричний коефіцієнт.

Швидкість та витрати селевого потоку можуть бути розраховані із використанням формули Д.Л. Соколовського через кількість опадів у селевому басейні, що розглядається:

$$Q_c = \frac{0.28 \alpha H_t F_v}{t} f_h, \quad (3)$$

де Q_c [м³/сек] – витрати селевого потоку; H_t [мм] – кількість опадів; α – коефіцієнт стоку (визначається за таблицею), $\alpha = (0.2 \div 0.7)$; t [год] – час добігання; F_v [км²] – площа водозбору; f_h – коефіцієнт форми гідрографу.

Для визначення коефіцієнту f_h використовується емпірична формула:

$$f_h = \frac{12}{4 + v}, \quad (4)$$

де v [м/сек] – найбільша швидкість по перерізу потоку.

Якщо тривалість зливи T (в годинах) є відомою та заданою, то час добігання t розраховується за даним трансцендентним рівнянням:

$$T = t(1+t)^{-0.2}. \quad (5)$$

З іншого боку,

$$t = \frac{L}{3,6 v},$$

де L [км] – довжина русла до розрахункового створу.

Звідси отримуємо:

$$v = \frac{L}{3,6 t}. \quad (6)$$

Враховуючи ступінь наповненості профілю швидкості у турбулентній течії, отримуємо наступну оцінку середньої швидкості селевого потоку v_c :

$$v_c \approx 0.8 v. \quad (7)$$

Таким чином, задаючи інтенсивність зливи – H_t , її тривалість у годинах – T , площу території, на яку вона випала – F_v , здатність ґрунту вбирати воду – коефіцієнт α та передбачувану довжину русла для даної місцевості – L , обчислюємо швидкість та витрати селевого потоку – v_c и Q_c .

З іншого боку, ці величини пов'язані із площею русла селевого потоку наступним співвідношенням:

$$Q_c = v_c \cdot S, \quad (8)$$

де S – площа поперечного перерізу русла селевого потоку. З формули (8) маємо:

$$S = \frac{Q_c}{v_c}. \quad (9)$$

Вважатимемо, що поперечний переріз русла має форму трапеції з основами a , b та висотою H_0 (рис. 1). Тоді

$$S = \frac{a+b}{2} \cdot H_0. \quad (10)$$

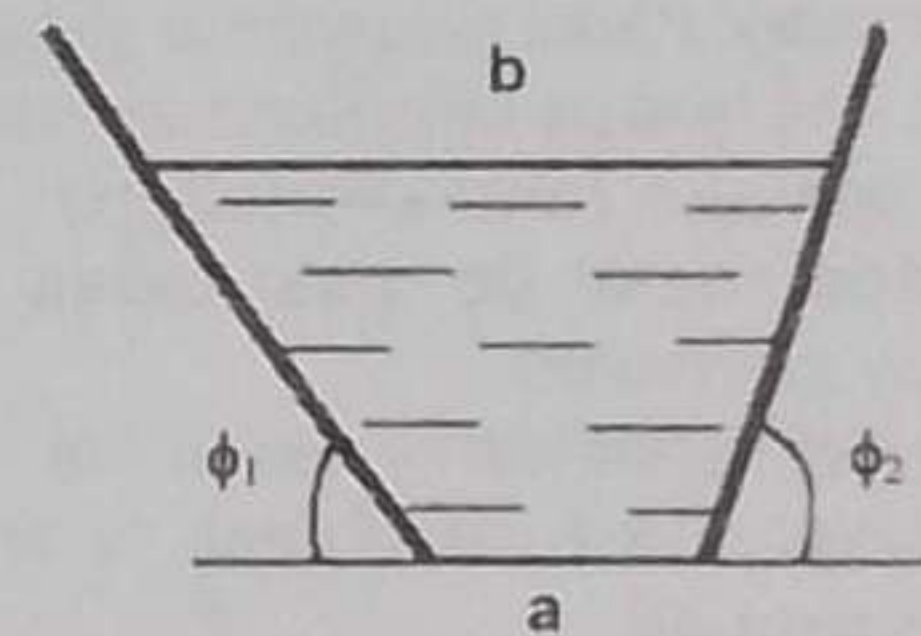


Рис. 1. Поперечний переріз русла селевого потоку

Припускаючи, що ширина русла на дні (величина a) та кути нахилу схилів русла (ϕ_1 , ϕ_2) є відомими, з геометричних міркувань отримуємо:

$$b = a + H_0 (ctg \phi_1 + ctg \phi_2)$$

та

$$S = \left[a + \frac{H_0}{2} (ctg \phi_1 + ctg \phi_2) \right] \cdot H_0. \quad (11)$$

Прирівнюючи праві частини співвідношень (9), (11), отримуємо рівняння для знаходження глибини селевого потоку H_0 за заданими значеннями кутів нахилу схилів та ширини потоку на дні, а також за знайденим раніше витратам та швидкості селевого потоку:

$$H_0^2 (ctg \phi_1 + ctg \phi_2) + 2aH_0 - 2 \frac{Q_c}{v_c} = 0. \quad (12)$$

Звідси

$$H_0 = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 2 \frac{Q_c}{v_c} (ctg \phi_1 + ctg \phi_2)}}{ctg \phi_1 + ctg \phi_2}. \quad (13)$$

Відмітимо, що формула (12) є справедливою також для граничного випадку, коли поперечний переріз русла має трикутну форму, тобто $a = 0$.

Таким чином, задаючи густину селевого та використовуючи побудовану математичну модель, можемо розрахувати повний нестационарний (динамічний) тиск селевого потоку на інженерну споруду (формула (1)).

Гідродинамічна сила, що діє на споруду, обчислюється за формулою:

$$F = P_{\text{повний}} \cdot S \quad (14)$$

Дана розрахункова модель використовується розробленими програмами "Sel0.f90" і "Sel1.f90", для яких вхідними параметрами є: Ht – кількість опадів у мм, Tl – тривалість зливи у годинах, Fv – площа водозбору у км², L – довжина русла до розрахункового створу у км, α – коефіцієнт стоку, $\alpha = (0.2 \div 0.7)$, a – ширина селевої течії на дні у м, φ_1 – кут нахилу лівого схилу у градусах, φ_2 – кут нахилу лівого схилу у градусах, $\gamma_{\text{селе}}$ – густина селевого потоку (Тонн/м³) ($\gamma_{\text{селе}} = 1.05 \div 2.5$). У випадку використання формули Т'єрі використовуються також: θ – кут нахилу селевого потоку у градусах, d – середній розмір твердої фракції у м, $\gamma_{\text{тв}}$ – густина твердої фракції (Тонн/м³), f – безрозмірний коефіцієнт тертя ($f = 0.7 \div 0.8$).

УДК 550.83.001:551.24

О.Т. Азімов, канд. геол.-мін. наук

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ "ГЕОФІЗИЧНОГО" ВАРІАНТУ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ З ГЛИБИН ЗЕМЛІ НА ПОВЕРХНЮ

В статті системно узагальнено і з феноменологічних позицій аналітично розглянуто теоретичні засади використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у процесі дослідження особливостей структури земної кори. Наведено чотири групи нелінійних ефектів, які виникають в геологічному середовищі при взаємодії гірських порід, флюїдів, геофізичних і геохімічних полів. Проаналізовано "геофізичний" варіант передачі інформації з земних надр на денну поверхню.

Theoretical foundations of remote sensing data (RSD) using are integrated systematically and viewed analytically from phenomenological positions in the paper. RSD are using in a process of the Earth's crust features structure investigation. There are adduced four groups of nonlinear effects have arisen in the geological surroundings as an interaction result of rocks, fluids, geophysical and geochemical fields. There is analysed "the geophysical" variant of an information transfer from the Earth's interior to a day.

Постановка проблеми. Наразі теоретичні погляди фахівців галузі щодо фізичної суті відображення глибоко похованих об'єктів літосфери в зовнішніх компонентах сучасного ландшафту та щодо моделі формування відповідного корисного сигналу на матеріалах аерокосмічних зйомок (МАКЗ) часом суперечливі або неоднозначні [1, 3–5, 7–12, 14–16 та ін.]. За деяким виключенням [16 та ін.], специфіка фізико-хімічних перетворень, які протікають протягом цих процесів, дотепер здебільшого є непараметризованою. В цілому це вказує на невирішеність даної проблеми.

Таким чином, узагальнюючи здобутки визнаних науковців, ми **системно**, уникаючи, з нашої точки зору, екліктичного їх синтезування та механічного поєднання, **проаналізуємо теоретичні основи використання дистанційних технологій** під час вивчення геологічних структур і процесів, **зосередившись на аспектах дії геофізичних полів на ландшафтоутворюючі процеси**, а також висловимо деякі свої міркування з даної області знань, що й являтиме основне завдання статті. При цьому врахуємо та, взаємодоповнюючи, логічно поєднаємо наукові результати, що отримані в останні роки провідними геологами і геофізиками, а також фахівцями суміжних сфер природознавства.

Виклад отриманих результатів та їх обговорення. Передумовою застосування матеріалів дистанційних зйомок (МДЗ) для вивчення структури земної кори, аналізу сучасних і новітніх геодинамічних процесів, що в ній протікають, є формування на земній/водній поверхні, а також в атмосфері (іоносфері) спектральних характеристик природних утворень у різних діапазонах електромагнітних хвиль – ультрафіолетовому, видимому, інфрачервоному, радіохвильовому [3, 5, 7, 8, 9–12 та ін.]. Фундаментальною основою такого формування

Вихідними параметрами є: P – повний тиск заданого селевого потоку в Т/м², $Force$ – гідродинамічна сила, що діє на споруду (в Т).

Висновки. Запропоновані математичні моделі впливу селевих потоків на інженерні споруди враховують усі можливі параметри як самих потоків, так і чинників їх формування. Запропоновані алгоритми та програмні комплекси можуть бути використані для оцінки дії селевих потоків на техногенні комплекси різного призначення і є частиною загальних систем оцінки впливу геологічного середовища на функціонування природно-техногенних систем.

1. Баєрїї І.Д., Блінов П.В., Гожик П.Ф., Кожем'якін В.П. Активізація небезпечних геологічних явищ у Закарпатті як наслідок екстремальних паводків. – К, 2004. 2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. – Л.: Недра, 1977. 3. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеоздат, 1978.

Надійшла до редколегії 30.09.06

є феноменологічні процеси активного енергомасообміну (в тому числі геодинамічні) у природних геосферах (геосистемах). Вони відбуваються між твердою, рідкою й газоподібною фазами геологічного середовища і навколоземної атмосфери та біотою, а також геофізичними полями, які їх характеризують [5, 10].

В ході різноманітних **взаємодій гірських порід, флюїдів, геофізичних і геохімічних полів виникають незворотні процеси в геологічних середовищах, різні нелінійні ефекти**. Серед них умовно виділяють [4] **чотири групи**, з чим автор цілком погоджується. Зокрема, одні з цих ефектів (**перша група**) пов'язані з нелінійними змінами характеристик природного або наведеного геофізичного поля при його розповсюдженні в надрах.

Друга група являє собою ефекти трансформації одного виду фізичної енергії в інший. Це так звані перехресні ефекти: сейсмоелектричний, сейсмомангнітний, електросейсмічний (електрострикція), термоакустичний тощо. Вони є результатом взаємодії геофізичних полів між собою, яка супроводжується змінами ефективних геофізичних характеристик середовища (температуропровідності, електропровідності, магнітної проникності, очевидно також щільності, пружності, теплопровідності, питомого опору, магнітної сприйнятливості, радіоактивності тощо).

Низка нелінійних ефектів, яка складає **третю групу**, виникає у процесі перетворення енергії геофізичних полів в енергію геохімічних реакцій. Це, головним чином, механохімічні, електрохімічні та радіаційно-хімічні реакції, які лежать в основі багатьох геофізичних і геохімічних процесів у геологічному середовищі.

До **четвертої групи** відносяться ефекти незворотної зміни геологічної матерії під впливом інтенсивних або слабких, але тривало діючих геофізичних полів. Вони виникають при зміні параметрів земних надр.