

Висновки. Таким чином, сьогодні магнітометричні дослідження ґрунтових покривів стають вагомим інструментом при виконанні цілого комплексу завдань народного господарства. Ґрунтові покриви забруднених і незабруднених ділянок, перспективних для пошуків корисних копалин територій, сільськогосподарські угіддя, агрокліматичні зони України, а також будова ґрунтових генетичних горизонтів тим чи іншим чином проявляються і впливають на зміни педомагнітних характеристик. Ґрунтовий покрив відіграє важливу роль при класичних геологічних пошукових та картувальних роботах, особливо при пошуках нафти та газу. Екомагнетизм та урбогеофізика вже є потужним інструментом при виконанні моніторингу найбільш екологічно загрозливих територій і можуть у подальшому стати чи не основними методами при дослідженнях екологічних станів великих міст і мегаполісів України та світу. За допомогою педомагнітних досліджень можна швидко та якісно проводити ґрунтово-картувальні роботи та виконувати моніторинг родючості сільськогосподарських земель.

1. Лукин А.Е. Прямые поиски нефти и газа: причины неудач и пути повышения эффективности // Геолог Украины. – 2004. – № 3. – С. 18–43. 2. Меньшов О.І., Сухорада А.В. Дослідження магнітних

3. 2. Меньшов О.І., Сухорада А.В. Дослідження магнітних властивостей ґрунтового покриву східного лісостепового агрогеофізичного стаціонару // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2006. – Вип. 38. 3. Сухорада А.В. Агрогеофізика – ідеологія, концептуальна основа, стан та перспективи розвитку // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2001. – Вип. 19. 4. Сухорада А.В., Круку // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2001. – Вип. 19. 5. Сухорада А.В., Меньшов О.І. Системні дослідження магнітних властивостей орного шару деяких ґрунтів Лівобережжя України // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2005. – Вип. 34. 6. Сухорада А.В., Меньшов О.І. Суммарная Геоология. – 2005. – Вип. 34. 7. Сухорада А.В., Меньшов О.І. Про педомагнітні дослідження ландшафтів та їх значення в ґрунтознавстві // Агрогеоінформатики. – К., 2005. 8. Сухорада А.В., Меньшов О.І. Про сумарну та ефективну намагніченість ґрунтового покриву агрогеофізичного стаціонару "Конони" // Мониторинг небезпечних геолог. процесів та еколог. стану середовища: матер. VI Міжнар. наук. конф. – К., 2005. 9. Donovan T.J., Forgey R.L., Roberts A.A. Aeromagnetic detection of diagenetic magnetite over oil fields // AAPG Bull. – 1979. – Vol. 6, № 2. 10. Jeleńska M., Hasso-Agopowicz A., Korpewicz B. et al. Magnetic properties of the profiles of polluted and non-polluted soils. A case study from Ukraine // Geophys. J. Int. – 2004. – 158. 11. Liu. A study for relationship between hydrocarbon migration and soil magnetism above oil and gas fields in China // Chinese Journal of Geophysics. – 1997. – Vol. 40, № 1. 12. Petrowsky E., Kapicka A., Jordanova N. et al. Low-field susceptibility: a proxy method of estimating increased pollution of different environmental systems // Environ. Geol. – 2000. – Vol. 39, № 3, 4.

Надійшла до редколегії 24.09.06

ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

УДК 55:502.6

О. Аксьом, асист.

ПРОГНОЗНА ГЕОІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПІДТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Розглянуто методичні підходи щодо створення геоінформаційної моделі для прогнозування розвитку підтоплення території Херсонської області. Наведено методику інтеграції даних у середовище ГІС для проведення просторового аналізу.

The article discusses problems of the GIS model technique creation for flooding forecast. The GIS integration data algorithm for spatial analysis is submitted.

Постановка проблеми. Еколого-геологічна природно-техногенна система півдня України почала складатися з початку будівництва там іригаційних систем. Ця система існує стабільно протягом багатьох років, але в останній період з підвищенням кількості атмосферних опадів і втратою гідроізоляваності іригаційних споруд періодично повторюються підтоплення території підземними водами, що має катастрофічні екологічні наслідки. Створення прогнозної моделі розвитку підтоплення є актуальною і складною задачею, яка може бути ефективно вирішена на основі сучасних геоінформаційних технологій.

Аналіз проблеми. В останні роки в західній і центральній частині Причорномор'я має місце широкий розвиток підтоплення, що пов'язано з дією як природних, так і техногенних чинників:

Природні чинники:

- ✓ періодичне випадання аномально великої кількості атмосферних опадів (більше 600 мм при середньому значенні 386 мм);
- ✓ практична безстічність більшої частини рівнинної території;
- ✓ наявність великої кількості замкнених подових понижень;

✓ дуже слабка природна дренажність території (наявність лесових порід, що підстилаються щільними водотривкими глинами та добре фільтруються у вертикальному напрямі).

Техногенні чинники:

- ✓ зарегульованість поверхневого стоку в річкових басейнах;
- ✓ необґрунтованість прийнятих рішень при будівництві водно-господарських об'єктів;

- ✓ порушення режимів зрошення;
- ✓ фільтраційні втрати при зрошенні;
- ✓ недостатня відкачка дренажних вод;
- ✓ формування зон підсиленого живлення підземних вод у промислово-міських агломераціях;
- ✓ зростання впливу закриття гірничо-промислових об'єктів з наступним затопленням приного простору) [2; 3].

Розвитку процесу сприяють геологічні умови: наявність лесових порід, які підстилаються щільними водотривкими глинами та мають добрі фільтраційні властивості у вертикальному напрямку. Це створює сприятливі умови для формування техногенних "верховодок" (зрошувальні масиви, населені пункти, водосховища та інші). Швидке зростання рівнів ґрунтових вод пов'язано також зі слабкою природною стічністю (дренуванням) території.

Інтенсивне підтоплення спостерігається починаючи з 60–70 рр. у зв'язку з побудовою Дніпровського каскаду водосховищ, підпір рівнів ґрунтових вод від яких (у середньому він становить 8–10 м) поширився на відстань більше 30 км на лівобережжі та до 20 км на правобережжі. Значним негативним фактором є також введення в експлуатацію великих зрошувальних систем. На масивах зрошення завдяки іригаційно-ґрунтовим водам виникає безперервне підвищення рівнів ґрунтових вод зі швидкістю 0,2–0,8 м/рік у приканальній зоні та 0,1–0,6 м/рік на масивах зрошення. Крім того, практично припинився регіональний стік у басейн Чорного моря.

В умовах зрошення формування режиму ґрунтових вод відбувається під впливом нового іригаційного фактора. Збільшення прибуткової статті водного балансу на масивах зрошення викликає такі зміни: підйом рівнів

ґрунтових вод в умовах слабого дренажування; вторинне засолення ґрунтів; підтоплення знижених ділянок; підвищення рівнів ґрунтових вод на прилеглих територіях, підтоплення населених пунктів; змив (ерозію) шару рілля під впливом скидів надлишкових зрошувальних вод, що спричиняє замулення русел річок та погіршує умови дренажування ґрунтових вод; прискорення забруднення поверхневих вод та посилення активізації екзогенних геологічних процесів тощо.

Загальна площа зрошувальних земель на півдні Причорномор'я сягає 1,1 млн га, у той же час загальна площа підтоплення земель перевищує 427 тис га. Зрошувальні води є потужним фактором, який змінює умови живлення та розвантаження всіх водоносних горизонтів півдня України. Спостереженнями встановлено, що найінтенсивніший підйом рівнів іригаційно-ґрунтових вод у приканальній зоні виникає на ділянках з невеликим терміном експлуатації. Поряд з підйомом дзеркала ґрунтових вод збільшується амплітуда коливань рівнів, відбувається переміщення їх максимумів та мінімумів переважно відповідно до умов поливів. Найбільше значення максимальної амплітуди коливання рівнів спостерігається при глибині залягання ґрунтових вод від 2 до 5 м. Найменша амплітуда коливання рівнів (0,3 м) відмічена при максимальній глибині зони аерації.

Вплив зрошення на підйом рівнів підземних вод набув на півдні України регіонального характеру, що викликано значним перевищенням додаткової подачі води порівняно з використанням підземних вод у 5–50 разів. На зрошувальних системах спостерігається підйом рівнів напірних водоносних горизонтів, а також зміщення максимумів їх рівнів з весняного на літній період. Для захисту від підтоплення побудовано дренажні системи, у тому числі в зонах зрошення, на площі більше 200 тис га.

Підйом рівнів ґрунтових вод на 1–2 м відбувся не тільки на зрошувальних масивах, а й на прилеглих до них територіях. Підтоплені площі приурочені до негативних форм рельєфу (балки, яри, поди). Підтоплення на забудованих територіях у м.м. Генічеськ, Каховка, Цюрупинськ та інших пов'язано загалом з техногенними факторами, головними з яких є знаходження населених пунктів у знижених місцях рельєфу, підпір ґрунтових вод водосховищами та ставками, вплив "місцевого" зрошення, відсутність зливової каналізації, дренажних споруд. Регіональний фактор впливу техногенних порушень водного балансу півдня України на сучасному етапі має переважний прояв щодо зниження природної стійкості (дренажування) регіону та підсилення підтоплення. У довгостроковому плані це може призвести до погіршення сейсмічної стійкості порід і ґрунтів та розвитку небезпечних процесів (карсту, просідань, зсувів і т.п.).

Попередній аналіз просторово-часового характеру розвитку процесу підтоплення південних районів України за останні 25–30 років свідчить про його переважно техногенну активізацію, яка відбувається на фоні природного підвищення рівнів підземних вод за рахунок змін клімату зі збільшенням кількості атмосферних опадів в останні роки.

Застосування сучасних географічних інформаційних систем дозволить оперативно вирішувати складні задачі прогнозу розвитку надзвичайних екологічних ситуацій та виявлення прихованих ризиків, зокрема оперативно виявити зони потенційного підтоплення.

Постановка завдання. У зв'язку з вищезазначеним мета роботи полягала у створенні прогнозно-геоінформаційної моделі підтоплення підземними водами території Херсонської області. Відмінність такого підходу від існуючих класичних гідродинамічних моделей полягає в

можливості отримання оперативної оцінки за наявності максимально необхідної інформації.

Методика та результати досліджень. Для реалізації поставленої мети було використано програмний продукт ArcMap 8.1 з пакету ArcGIS™ від ESRI.

Для моделювання було застосовано 3D – аналіз та просторовий аналіз з пакету ArcGIS™ [5, 6], що дозволяють оперативно отримати дискретні поверхні, провести їх обробку й отримати прогнозні карти розповсюдження потенційного підтоплення.

На сьогодні до моделі увійшли такі шари: геологічна будова (розповсюдження порід), розподіл атмосферних опадів, рівні ґрунтових вод, гідротехнічні споруди (розташування зрошувальних каналів), карта підтоплення за 1995 р. (польові спостереження), ізолінії рельєфу та адміністративна карта.

Побудова складалася з таких кроків: оцифровка відповідних карт, прив'язка вхідних просторових даних до єдиної координатної системи в середовищі ArcGis 8.1, побудова цифрових моделей та їх конвертація в растрові моделі, побудова карт розподілу атмосферних опадів (за даними метеопостів), використання дистанційного аналізу (тобто аналіз віддаленості від іригаційних каналів), районування та ранжування тематичних шарів, створення прогнозних карт розповсюдження підтоплення за допомогою серії просторових запитів та алгебри карт [1; 4].

Оцифровка даних, відсканованих з паперових носіїв, була необхідна для переведення в цифровий формат таких шарів, як геологічна будова, рівні підземних вод, дані польових спостережень тощо.

Прив'язка до єдиної координатної системи забезпечувала картографічну точність і відповідність реальним умовам (відстані та площі на електронних картах).

При побудові висотної цифрової моделі (наприклад, ізолінії рівнів підземних вод та ізолінії рельєфу) створюється нерегулярна триангуляційна мережа (*TIN-triangulated irregular networks*), яка конвертується в дискретну поверхню (*GRID*), де кожний піксел має просторову прив'язку, а Z-фактор несе відповідну інформацію (у даному випадку рівень ґрунтових вод та висоту над рівнем моря).

При створенні растрової моделі для аналізу (наприклад шару *гидроизопс*) необхідно:

1. Створити шар *гидроизопс* у векторній формі. Для цього були оцифровані *гидроизопси* растрової топооснови.

2. На основі шару *гидроизопс* за допомогою модуля *3D Analyst* створити векторну модель поверхні ґрунтових вод. У векторних системах представлення поверхні провадиться за допомогою моделі *нерегулярної триангуляційної мережі* (*triangulated irregular networks* (*TIN*)), що є одним із засобів представлення Z-величини.

3. Оскільки на такій моделі незручно проводити розрахункові операції, звичайно її перетворюють у растрову модель. Конвертувати векторну модель у растрову можна за допомогою інструменту *Convert TIN to raster* з модуля *3D Analyst*. У результаті виходить те, що називають *дискретною матрицею висот*. Ця матриця відповідає методу растрового зображення поверхні (*GRID-модель*), коли кожна точка несе лише одне значення, у даному випадку – відмітку рівня ґрунтових вод. Растрові моделі рівнів підземних вод, потужності водотривкого шару та рельєфу було отримано подібним чином.

Кarti розподілу атмосферних опадів здійснювалися за допомогою лінійної інтерполяції за даними метеопостів. Результатом аналізу віддаленості від іригаційних каналів була побудова буферних зон з відповідною градацією.

Отримані поверхні були рекласифіковані відповідно до глибин залягання рівня підземних вод, кутів нахилу рельєфу, віддаленості від каналів тощо, інтервали класифікації було взято з відповідної науково-технічної літератури.

Після рекласифікації поверхні було розбито на ранги за п'ятибальною шкалою, де 0 – не значуща область, а 1, 2, 3, 4, 5 – відповідне збільшення значущості. Значення рангів для кожного шару наведено в табл. 1.

Необхідність ранжування було зумовлено наявністю даних різних розмірностей: метри та кілометри на площині, метри по глибині, мм / рік, кути нахилу та логічні умови – присутнє / не присутнє та ін. Такий підхід дозволив перейти від абсолютних величин до відносних.

Останній крок, аналіз спільного (мультиплікативного) впливу факторів залежно від кількісного співвідношення рангів кожного з них, був реалізований за допомогою системи організації просторових запитів та використання так званої "алгебри карт". Інструмент *Raster Calculator* у модулі *Spatial Analyst* дозволяє проводити операції з формулами, де замість одиничних значень можуть використовуватись растрові моделі поверхонь, а кінцевий результат отримується також у вигляді поверхні, де Z-фактор буде відображати інформацію відносно спільного впливу факторів. Результатом роботи стали прогнози карти потенційного розвитку підтоплення території Херсонської області з відповідністю даним польових спостережень близько 75 %.

Висновок. За результатами роботи встановлено, що отримані прогнози карти відповідають на 75 % даним натурних спостережень, що є безумовно позитивним результатом. Таким чином, використання ГІС дає можливість оперативного зіставлення чинників та отримання наглядної ілюстрації без залучення складного математичного апарату, хоча зовсім не замінює його.

Враховуючи просторовий характер даних, окрім даного підходу також можна буде провести оцінку економічних збитків унаслідок підтоплення за певних кількісних співвідношень динамічних чинників (рівні ґрунтових вод, кількість опадів і т. п.). Це певною мірою надасть можливість виконавчій владі прийняти заходи із запобігання або зменшення потенційних збитків.

Можливість об'єднання ГІС з іншими моделюючими програмами сприяє розширенню їх застосування. На сьогодні таким шляхом у всьому світі йде розробка моделей міграції забруднювачів у геологічному середовищі, атмосфері й гідросфері, а також розвитку небезпечних екологічних процесів.

Робота виконана в рамках програми UFP – спільної підготовки студентів і аспірантів Київського національного університету імені Тараса Шевченка в галузях найсучасніших геоінформаційних систем та дистанційного зондування Землі відповідно до меморандуму про співпрацю між Київським національним університетом досліджень Шевченка (КНУ), Мічиганським інститутом досліджень Шевченка (КНУ), Мічиганським інститутом досліджень Шевченка (КНУ), Мічиганським інститутом досліджень Шевченка (КНУ) та Українським навколишнього середовища (Altarum/Nansen) та Українським Центром Менеджменту Землі та Ресурсів (УЦМЗР).

Таблиця 1. Ранжування просторових даних

Геологічна карта	
Породи	Ранг
Дані відсутні	0
Суглинки	2
Глини	5
Розподіл атмосферних опадів	
Сума, мм/рік	Ранг
380–480	0
480–580	1
580–680	3
680–780	5
Гідрогеологічна карта	
Глибина до води, м	Ранг
Більше 2, дані відсутні	0
0–2	5
Розташування зрошувальних каналів	
Відстань від каналу, км	Ранг
3 і більше	0
2–3	3
1–2	4
До 1	5

1. Аксьом О.С., Коржнев М.М. Застосування ГІС при розробці прогнозу моделі підтоплення підземними водами території Херсонської області // Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: Матер. IV міжнар. конф. – К., 2003. 2. Доповідь про стан навколишнього середовища в Херсонській області за 1998 рік – Херсон, 1998. 3. Інформаційний бюлетень про стан геологічного середовища України у 1996 р. – 1996. – Вип. 15. 4. Методичні підходи до створення прогнозних моделей екологічних ситуацій в Україні, пов'язаних з режимом поверхневих і підземних вод з використанням ГІС та ДЗЗ / М.М. Коржнев, О.С. Кошляков, Є.О. Яковлев та ін. // Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: Матер. III міжнар. конф. – К., 2002. 5. Introduction to ArcGIS™ (for ArcView 8, ArcEditor 8, and ArcInfo 8) / Copyright © 2001 ESRI. – 2001 p. 6. Shaner J., Wrightsell J. Editing in ArcMap™ Tutorial / Copyright © 2000 ESRI. – 2000.

Надійшла до редакції 26.09.06