

УДК 502.5



І.О. Шахман,
к. геогр. н., доцент
Херсонський державний
аграрний університет
e-mail:
shah_ira@rambler.ru



А.М. Шахман,
асистент,
Одеський національний
політехнічний
університет
e-mail:
anshakhman@mail.ru

ЕКОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПІДТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ НИЖНЬОГО ПОДНІПРОВ'Я В МЕЖАХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

І.О. Шахман, А.М. Шахман.
Екологічна модель прогнозування процесів підтоплення територій Нижнього Подніпров'я в межах Херсонської області. Досліджені головні причини та фактори підтоплення в межах Херсонської області, виконане прогнозування збільшення площ підтоплених територій методом екстраполяції тренду.

I.O. Shakhman, A.M. Shakhman.
Ecological model prediction of flooding areas of the Low Pridneproviya within the Kherson region. Investigated the main causes and factors of flooding within the Kherson region, made forecasting an increase flooded areas by extrapolating the trend.

Вступ. Проблема забезпечення безпеки життєдіяльності населення та функціонування господарських об'єктів у районах розвитку небезпечних природних та техно-природних процесів є однією з основних соціально-екологічних проблем сучасності. Природні та антропогенні умови України є сприятливими для поширення та інтенсивного прояву процесів підтоплення, які чітко контролюються особливостями геологічної та геоморфологічної будови, гідрогеологічними, кліматичними, гідрологічними сучасними факторами.

Правовими підставами для виконання робіт по узагальненню та аналізу матеріалів моніторингу процесів підтоплення, що відносяться до екзогенних геологічних процесів (ЕГП) в межах території України є Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" від 25 червня 1991 року, Кодекс України про надра від 27 липня 1994 р., постанова Кабінету Міністрів та Положення про державну систему моніторингу довкілля від 30 березня 1998 р. №391. Порядок проведення моніторингу розвитку процесів підтоплення регламентується Положенням про державний моніторинг екзогенних геологічних процесів, види і просторові характеристики, активність прояву (УкрДГРІ, від 5 липня 2001 р.).

Прояви аномальних гідрометеорологічних явищ останніх років (інтенсивна сонячна активність, зміни кількості атмосферних опадів, інтенсивні повені тощо) суттєво вплинули на стан геологічного середовища, що піддається впливу підтоплення. Незбалансована та безсистемна господарська діяльність на територіях розвитку природних ЕГП та їх залучення у сферу господарської діяльності створює реальні передумови для активного розвитку цих процесів та неминучих змін оточуючого середовища. Активізація екзогенних геологічних процесів, що відбувається на території України в останні роки, стає реальною загрозою населенню і об'єктам господарювання.

Підтоплення є одним з найбільш розповсюджених по площі сучасних процесів. На сьогодні площа підтоплення в межах території України, у порівнянні з даними на 1982 р. (10,11 тис.км²), збільшилась на 78,9% та становить 79,77 тис. км² або 13,2%; кількість підтоплених населених пунктів збільшилась на 44,6% (станом на 1982 р. їх кількість становила 2094 одиниць, зараз – 4692 одиниці). В Україні більш ніж 13% територій потерпають від підтоплення ґрунтовими водами та майже 30% від затоплення під час повеней і паводків [1]. У зону розвитку процесів затоплення та підтоплення потрапляє близько 4700 населених пунктів. Водночас, лише 550 сіл захищені інженерним дренажем.

Значна частка площі земель Херсонської області 69,2% (1968,4 тис. га) – це сільськогосподарські угіддя, в структурі яких 90,3% (1776,8 тис. га) припадає на ріллю [2]. Сільськогосподарська освоєність території досягла 81,5%, а ступінь розораності земельної площі – 73,6%. Високим ступенем ураженості характеризуються площі зрошуваних вододільних масивів рівнин – підтоплення тут відзначається зазвичай на плоских ділянках ускладнених верхів'ями балок, балками, подами, западинами, тому створення екологічної моделі прогнозування процесів підтоплення на Херсонщині є актуальними. В області велика зона постійного підтоплення розташована на північному заході і півдні, а також на право- і лівобережній пригірлових частинах р. Дніпро. Це райони межиріччя річок Інгул – Інгулець та між Бузьким лиманом і нижньою течією р. Інгулець. Значення площ постійного підтоплення на Херсонщині на кінець 2013 року досягало 11,3 тис. км², ураженість території складає 39,65%, підтоплені 306 населених пунктів [1].

Завдання і методика досліджень. Основою більшості інженерно-гідрогеологічних методів розрахунку є уявлення про імовірнісний характер складових водного балансу. Існуюча методологія розв'язання гідрогеологічних задач базується на уявленні про стаціонарність багаторічних коливань рівня підземних вод, а основні математичні підходи розвиваються на базі теорії стаціонарних випадкових процесів.

Зокрема, стохастична теорія багаторічних коливань підземного стоку широко використовує процеси (ланцюги) Маркова як математичні моделі. Різні модифікації опису простого ланцюга Маркова призводять до різних результатів водогосподарського розрахунку навіть при однаковому значенні їх числового параметра – коефіцієнта автокореляції. Тому для опису багаторічних коливань підземного стоку необхідно рекомендувати таку з цих модифікацій, яка краще відповідає закономірностям коливань стоку, що спостерігаються в природі, і не призводять до суттєвих помилок в результаті водогосподарського розрахунку.

В простому ланцюзі Маркова розподіл ймовірностей наступної випадкової величини залежить тільки від значення безпосередньо попередньої величини; ступінь залежності (при заданому характері зв'язаності) визначається величиною коефіцієнта кореляції між суміжними членами ряду. Величина коефіцієнта кореляції між членами ряду безпосередньо суміжних років $r_1 = r(1)$ зумовлює в цьому випадку обрис всієї автокореляційної функції, при цьому не досягається вичерпний опис характеру зв'язку між послідовними членами ряду. В такій послідовності розподіл ймовірностей будь-якого члена ряду (умовний розподіл) залежить від величини члена, який йому передує. Умовний розподіл ймовірностей може відрізнятися як параметрами, так і типом від безумовного розподілу, справедливого для сукупності всіх членів ряду.

Сукупність умовних розподілів утворює двомірний розподіл ймовірностей, який і являється вичерпною характеристикою зв'язку між членами корельованої послідовності, що представляє простий ланцюг Маркова.

Модель 1 передбачає відсутність кореляції між членами ряду і генерує послідовність незалежних випадкових величин. Якщо ряд прогнозованих величин розглядається як вибірка незалежних випадкових величин, то відповідні значення забезпеченості шуканої величини являються незалежними випадковими величинами, рівномірно розподіленими в інтервалі від 0 до 1. В цьому випадку всі умовні розподіли ймовірностей співпадають з безумовним.

Модель 2 розглядає кореляцію між нормально-розподіленими випадковими величинами (з наступним переходом до гамма-розподілених величин). В даній модифікації послідовність забезпеченостей нормально-розподілених корельованих величин приймається за послідовність забезпеченостей випадкових величин, які мають гамма-розподіл.

Модель 3 розглядає кореляцію між випадковими величинами, що мають гамма-розподіл, з використанням апарату гамма-кореляції (за Є.Г. Блохіновим – О.В. Сармановим).

Модель 4 використовує кореляцію між випадковими величинами, які мають гамма-розподілення, із застосуванням наближеного прийому кореляції (за С.М. Крицьким і М.Ф. Менкелєм). Наближений прийом урахування кореляції гамма-розподілених величин виходить з припущень, що умовне розподілення являється, також як і безумовне, гамма-розподіленням, причому умовний стандарт пов'язаний з безумовним тим самим співвідношенням, що й при нормальному розподіленні випадкових величин.

Перелічені модифікації описів простої моделі Маркова виходять з кореляції між суміжними значеннями випадкових величин (в даному випадку прогнозованих значень площ підтоплення). При цьому вплив попереднього члена на розподіл ймовірностей наступного (умовний розподіл) стає тим більшим, ніж сильніше відхиляється попередній член від середнього значення.

В гідрогеологічних розрахунках підземний стік розглядається як стаціонарний ергодичний процес. Точно встановити, в якій мірі процес стоку являється ергодичним при обмежених даних спостережень, важко [3]. Але можна визначити фактори, які в значній мірі впливають на стаціонарність і ергодичність гідрогеологічних процесів. Це фактори:

– безпосередній антропогенний вплив на гідрогеологічний режим (регулювання стоку ставками і водосховищами, вилучення води на різні господарські потреби, перекидання стоку);

– непрямий антропогенний вплив, який виражається в змінненні фізико-географічних умов формування стоку (вирубання лісів, осушення боліт, орання поверхні водозборів тощо);

– змінення клімату.

При відсутності такого роду факторів в межах даного історичного періоду гіпотеза ергодичності цілком прийнятна [3]. Виходячи з цієї гіпотези, ряд розглядається як послідовність незалежних випадкових величин. При наявності кореляційних зв'язків між значеннями ряду попередніх і наступних років в якості стохастичної моделі приймається модифікація простого ланцюга Маркова. В простому ланцюзі Маркова розподіл наступної величини x_{i+1} залежить тільки від значення попередньої величини x_i , ступінь залежності визначається величиною коефіцієнта кореляції між суміжними членами ряду $r(1)$. Для опису простого ланцюга Маркова використовують розподіл тієї чи іншої моделі двовірного розподілу [3].

Нами для території Херсонської області використана стохастична модель, яка спирається на наявність кореляції між суміжними значеннями ряду прогнозованих величин. Нижньодніпровська зона у південній частині

Херсонської області характеризується сукупністю всіх трьох блоків умов природної, природно-техногенної і техногенної схильності до розширення підтоплених зон. Подальше розширення зони підтоплення тут буде відбуватися за рахунок техногенного фактора, що сприяє розвитку екзогенних процесів (табл. 1).

Таблиця 1
 Розвиток екзогенних процесів у Херсонській області (дані Геолкому України)

Район	Площа, тис. км ²	Кількість зсувів	Карст, км ² (стадії розвитку)			Підтоплення (РГВ до 3 м), км ²	Прогнози просідання лесових грунтів, км ²	
			відкрита	напів- відкрита	покрита		I тип грунтових умов	II тип грунтових умов
Білозерський	1,5	9	50	823	827	726	126	491
Бериславський	1,7	1	100	258	1342	–	132	1226
Великоолександрівський	1,5	–	–	356	1144	18,75	249	709
Великопетиський	1,0	15	9	72	1019	–	–	720
Верхньорогачицький	1,0	–	36	–	964	–	68	534
Високопільський	0,7	–	–	106	594	103,13	272	161
Генічеський	3,0	–	–	–	48	1544	313	1117
Голопристанський	3,4	–	–	79	127	1512	871	–
Горностаївський	1,1	–	–	171	929	–	–	893
Іванівський	1,0	–	–	–	1079	–	–	779
Каланчацький	0,9	–	–	–	–	634	516	–
Каховський	1,5	–	–	9	271	75	305	827
Нижньосірогоський	1,2	–	–	–	1198	–	125	988
Нововоронцовський	1,0	11	7	181	712	103,13	383	360
Новотроїцький	2,3	–	–	26	501	1148	627	801
Скадовський	1,5	–	–	–	–	638	398	–
Цюрупинський	1,8	–	–	215	866	781,25	649	–
Чаплинський	1,7	–	–	38	61	453	1000	315
Всього по області	27,8	36	202	2334	11682	7736,26	6034	9921

Результати досліджень. За умовами формування підземних вод територія Херсонської області поділяється на гідрогеологічні райони та

підрайони, які характеризуються певними геолого-гідрогеологічними умовами, що в цілому визначають, з урахуванням накладення техногенного фактора, характер підтоплення території. Відокремлюються наступні зони:

– Бузько-Дніпровська зона – східна частина Миколаївської області та північно-західна Херсонської області;

– Дніпро-Молочанська зона з розподілом на: Нижньо-Дніпровську – південно-західна частина Херсонської області; Токмачську – північно-східна частина Херсонської області; Південноприсівашську – південно-східна частина Херсонської області [4].

В межах Бузько-Дніпровської зони на території Херсонської області постійно підтоплена вододільна частина плато, що прилягає до правого берегового схилу р. Інгулець, яка відноситься до блоку природно-техногенних умов схильності до розвитку процесу підтоплення. В місцях розташування населених пунктів процеси підтоплення посилені значним антропогенним навантаженням, в основному за рахунок використання водонесучих мереж.

Для вододільної частини плато, між р. Інгулець та Каховським водосховищем, характерне значне поширення природно-техногенних умов схильних до розвитку процесу підтоплення. На сьогодні підтопленими тут є населені пункти у Високопільському і Великоолександрівському районах, де значну роль у формуванні процесу підтоплення мають техногенні фактори водокористування у вигляді масивів зрошення. Підняття рівня ґрунтових вод на лівому березі спостерігається на відстані більше 30 км і на правому – до 20 км, що зумовлено не тільки впливом самого водосховища, а й і введенням в експлуатацію зрошувальних систем: Краснознаменської (87,5 тис. га), Каховської (260 тис. га), Інгулецької (62,4 тис. га), Нижньо-Дністровської (24,2 тис. га), Татарбунарської (30,6 тис. га) і ін.. Коефіцієнт корисної дії зрошувальних систем змінюється від 0,60 до 0,75, тобто близько 25–40% води поданої на зрошення, може фільтруватися і впливати на рівень ґрунтових вод. Максимальні амплітуди коливань рівня – 3,59 м (Інгулецька система). В цілому вододільна частина плато в північно-західній частині Херсонської області є зоною можливого масового приросту площ постійного підтоплення.

Для західної частини території, яка прилягає до границі Миколаївської області, характерне посилення впливу існуючих природно-техногенних чинників за рахунок потужного водогосподарського навантаження – великої кількості і протяжності каналів зрошення, та зростання площі підтоплення.

На всіх зрошувальних масивах Причорноморського регіону відбулось підвищення рівнів ґрунтових вод. Протягом останніх років катастрофічна ситуація склалася в Херсонській області, де відзначений приріст площ підтоплення по всіх адміністративних районах на площі 11,3 тис. км² (в тому числі підтоплених зрошуваних земель 3,59 тис. га 0,13% від загальної площі області)). За останні 40 років сформувалася велика зона підтоплення від приплотинної частини Каховського водосховища до півдня та південного заходу – за рахунок сприятливих природних умов і посиленого техногенного навантаження уздовж Північно-Кримського каналу.

Для території Херсонської області було виконано прогнозування збільшення площ підтоплених територій методом екстраполяції тренду ($R^2=0,875$) (рис. 1). Проведена порівняльна характеристика розрахункових прогнозних даних для 2013 року (табл. 2) та даних Державної служби геології та надр України [1].

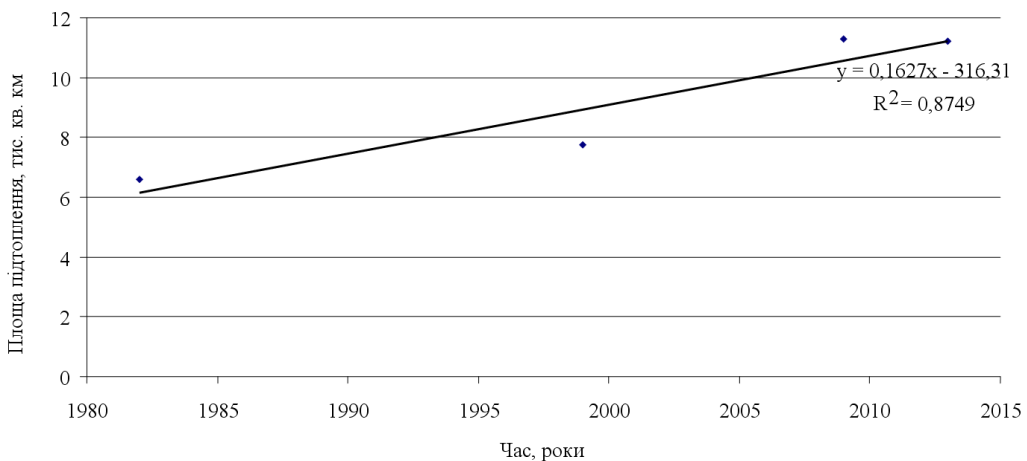


Рис. 1 Прогнозування площ підтоплення Херсонської області екстраполяцією трендом

Отримане значення збільшення площі підтоплення в 2013 році за розрахунком для області склало 11220 км², яке відрізняється від офіційних даних (11300 км²) на 80 км², що відповідає 0,07% похибки, а отже показало задовільне ($\leq 10\%$) співвідношення результатів моделювання емпіричним даним. Тому можна стверджувати, що буде спостерігатися підсилення процесів підтоплення в найближчому майбутньому та

спрогнозувати збільшення загальної площі підтоплення для Херсонської області до 11530 км² у 2015 році.

На даний час у Херсонській області підтверджено посилення процесів підтоплення по всіх районах. Максимальний приріст площ підтоплення за період 1982–2013 року зафіксований у Білозерському (410 км²), Великоолександрівському (409 км²), Високопільському (420 км²), Генічеському (389 км²), Каховському (331 км²), Новотроїцькому (290 км²), Цюрупинському (326 км²) районах.

Таблиця 2

Площі підтоплення в районах Херсонської області [2, 4]

Район	Площа району [2]	Площа підтоплення					
		км ²			% відношенні від площі району		
		1982 [4]	2004 [4]	2013*	1982 [4]	2004 [4]	2013*
Бериславський	1534	58	177	226	3	10	13
Білозерський	1721	457	748	867	26	42	48
Великоолександрівський	1540	101	391	510	7	26	34
Великолепетиський	1000	27	45	52	3	4	5
Верхньорогачицький	915	26	168	226	3	19	25
Високопільський	701	54	352	474	8	50	67
Генічеський	3008	571	847	960	23	35	40
Голопристанський	3411	1470	1570	1611	50	54	56
Горностаївський	1018	26	56	68	3	6	7
Каланчацький	916	531	578	597	59	64	66
Каховський	1451	31	266	362	2	16	22
Нижньосерегозький	1209	23	23	23	2	2	2
Нововоронцовський	1005	35	119	153	3	12	16
Новотроїцький	2298	475	681	765	21	30	34
Скадовський	1456	574	688	735	49	59	63
Цюрупинський	1759	303	534	629	17	30	35
Чаплинський	1722	129	146	153	7	8	8
Усього	27784	4890	7388	11220	49	29	33

Примітка: * розрахункові дані за методом екстраполяції тренду

В цілому по Херсонській області фактор техногенного навантаження, а саме, водокористування з метою зрошення є визначальним. Площі поширення процесу підтоплення будуть зростати в північно-західній частині області – межиріччя Інгулець – Каховське водосховище; і центральній і східній частинах, з напрямком руху від підтоплених масивів до півночі. Для вирішення задач, пов'язаних із

передбаченням надзвичайних ситуацій, що викликані активізацією підтопленням необхідним є: проведення моніторингу його розвитку, зі збільшенням пунктів спостережень, в першу чергу – в районах інтенсивної водогосподарської діяльності; залучення достовірної інформації щодо місця прояву, умов розвитку та чинників активізації підтоплення. Усунення негативних наслідків активізації підтоплення та передбачення його подальшого розвитку значною мірою залежать від своєчасного виявлення небезпеки, екологічної та економічної оцінки і прогнозування ступеня геологічного ризику.

В Україні природні ресурси повинні використовуватись раціонально й комплексно, при цьому треба виключити практику різкого порушення окремих ланок гідрогеологічних систем. Світовий досвід показує, що витрати на прогнозування і попередження катастроф на 1–2 порядки нижче, ніж витрати на ліквідацію або послаблення наслідків стихійних лих, які вже відбулися. Необхідно розробляти заходи попереджень і обґрунтування рекомендацій, котрі можна отримати за допомогою математичних моделей. Використовуючи системний аналіз, комп'ютерне моделювання, вдається глибше дослідити механізм формування екзогенних явищ в рамках водогосподарських перетворень та запропонувати нові методи прогнозування і моніторингу, виробити правдоподібні сценарії можливого розвитку наслідків впливу господарської діяльності людини на стан природних ресурсів у відповідності до планів економічного розвитку регіонів. Отримані результати можуть використовуватися при оцінці та передбаченні розвитку процесів підтоплення в умовах можливих антропогенних навантажень для конкретних водозборів, при науковому обґрунтуванні водоохоронних заходів.

Література

1. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на території України за даними моніторингу ЕГП [Текст]: Випуск XI. – Київ: Державна служба геології та надр України, Державне наукове підприємство “Державний інформаційний геологічний фонд України”, 2014. – 101 с.
2. Екологічний паспорт Херсонської області за 2013 рік [Текст]: Херсон, 2014. – 143 с.
3. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края [Текст]: науч. ред. Мезенцев В.С. и др. – М.: Колос, 1974. – 240 с.
4. Тюрємна В.Г., Черкасов В.О. Аналіз умов формування процесу підтоплення в Миколаївській та Херсонській областях [Текст] / Підтоплення–2005: матеріали третьої наук.-практ. конф., 20–24 черв. 2005 р., смт Лазурне, Херсонська обл. / наук. ред. В.М. Шестопапов. – К.: НПЦ „Екологія. Наука. Техніка”, 2005. – С. 8–47.

Надійшла до редакції 27.01.2015