

УДК 556.06:504.05/.06

Базік В.О., ст. гр. 103м-24-2

Науковий керівник: Загриценко А.М, д.т.н., професор кафедри гідрогеології та інженерної геології

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

## ОЦІНКА БАЛАНСОВИХ СКЛАДОВИХ ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО РЕЖИМУ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА ДІЛЯНЦІ ЩІЛЬНОЇ ЗАБУДОВИ СХИЛУ

**Вступ.** У межах ґрунтових лісових схилів існують природні передумови для розвитку негативних інженерно-геологічних процесів, проте активізація їх розвитку, концентрація, частота та масштаби визначаються дією факторів техногенного походження.

Основним видом техногенного навантаження схилових частин міських агломерацій є щільна багатоповерхова забудова території та, відповідно, інтенсивна експлуатація всіх типів водонесучих комунікацій. Порушення планування забудови, поверхневого водовідведення та неконтрольовані витoki з водонесучих комунікацій призводять до виникнення техногенних аварій.

Найбільш динамічним фактором, який здатний активізувати розвиток зсувних процесів є порушення гідродинамічного режиму території.

**Метою роботи** є кількісна оцінка балансових складових формування природно-техногенного режиму підземних вод на ділянці щільної забудови схилу.

Для досягнення мети роботи вирішені наступні завдання: 1) кількісно оцінити ступінь впливу природної та техногенної складової у формуванні гідродинамічного режиму території досліджень на основі чисельного моделювання процесів геофільтрації; 2) виявити зони потенційного формування джерел розвитку механічної суфозії, як одного з факторів порушення стійкості забудованих схилів.

**Матеріали і результати досліджень** В умовах невизначеності та багатофакторності умов формування процесів використано метод чисельного математичного моделювання [1]. Чисельне моделювання передбачає сіткову розбивку області фільтрації і базується на скінченно-різницевому методі рішення диференціальних рівнянь, коли частинні похідні замінюються кінцевими приростами, а диференціальне рівняння зводиться до системи алгебраїчних рівнянь. Однозначність рішення досягається завданням крайових умов, для яких встановлюється просторове положення і форма (точка, контур, площа), гідродинамічний рід умови та її кількісні характеристики.

Досліджувана територія розташована на вододілі річок Мокра Сура-Дніпро та інтенсивно прорізана ярово-балковою мережею [2, 3].

Вирішення нестационарних обернених завдань дозволило сформувати повну ретроспективну картину динаміки формування рівненого режиму підземних вод (1973-2024 рр.) та кількісно оцінити основні фактори його формування.

Періоди 1973-1997 років та 1997-2012 рр. характеризуються інверсією режиму підземних вод ґрунтового водоносного горизонту, відповідно підйомом та зниженням рівня. Так у період з 1973 по 1997 рр. зафіксовано стрибкоподібний нерівномірний за площею підйом рівня підземних вод на 20 м у ґрунтовому горизонті та на 23 м – у неогеновому. Найбільш інтенсивне зростання рівня зі швидкістю 0,95-2,25 м/рік характерне для 1980-1990 років. Результатами моделювання підтверджено, що формування зон інтенсивного зволоження та збільшення швидкості підйому рівня підземних вод визначається складовою інфільтраційного живлення (табл. 1), величина якої збільшилася на порядок з 71,2 м<sup>3</sup>/добу до 740 м<sup>3</sup>/добу.

Таблиця 1

Зміни балансових складових у часі

Прибуткові елементи	м <sup>3</sup> /доб				Витратні елементи	м <sup>3</sup> /доб			
	1973	1989	1991	1997		1973	1989	1991	1997
Інфільтраційне живлення	71,2	841,8	1011,5	740	Перетік в неогенові піски	93,3	216,4	215,7	190,3
Приток на зовнішньому контурі	44,3	23,4	23,9	19,3	Розвантаження	11,3	6,6	6,5	8,5
					Випаровування	9,1	80,7	87,6	114,4
					Височування	0,6	324,3	366,5	456,5
Ємнісна складова	0	0	0,3	20,8	Ємнісна складова	1,1	237,4	358,6	10,3
Всього	115,5	865,2	1035,7	880,1	Всього	115,4	865,4	1034,9	880,0

Інверсія режиму підземних вод (зниження рівня) четвертинного водоносного горизонту у період із 1997 по 2012 рр. є реакцією масиву формування зниженого базису дренавання в зсувній зоні і наступні інженерні заходи [3]. Зниження рівня ґрунтових вод на 3,0-9,0 м зафіксовано фактичними даними та підтверджено результатами моделювання. При цьому прибуткова складова водного балансу за рахунок інфільтраційного живлення зменшилась на 40%.

Техногенна складова інфільтрації (0-200 мм/рік) тісно корелює із щільністю забудови та водонесучих комунікацій, витоками залежно від діаметра, матеріалу та режиму роботи комунікацій. Встановлено, що величина техногенного живлення в балансі водоносного горизонту четвертинних відкладень становить 335,7 м<sup>3</sup>/добу, що майже втричі більше від природного (120,5 м<sup>3</sup>/добу). З цього випливає, що основним фактором формування рівненої поверхні ґрунтових вод у часі є складова інфільтраційного живлення, яка майже на 75% визначається за величиною техногенної інфільтрації (табл. 2).

Таблиця 2

Баланс підземних вод станом на 2024 рік

Прибуткові елементи балансу, м <sup>3</sup> /доб		Витратні елементи балансу, м <sup>3</sup> /доб	
Природне інфільтраційне живлення	120,5	Переток в неогеновые пески	114,9
Техногенне інфільтраційне живлення	335,7		
Приток зі струмка в б. Зустрічна	3,18	Розвантаження б. Тополина	7,7
Перетік через подошву	0,8	Випаровування	116,9
Ємнісна складова	7,1	Височування	243,6
Приток на зовнішньому контурі	16	Ємнісна складова	0,1
Всього	483,28	Всього	483,2

Найбільш небезпечною по можливості розвитку процесу суфозії є площа ґрунтового схилу з максимальними градієнтами фільтрації у четвертинному водоносному горизонті, найбільшою щільністю водокомунікаційних мереж та величиною інфільтраційного живлення в межах 150-270 мм/рік. До цієї ж зони відносяться поверхні забудованих схилів з лійчастими та яркоподібними формами техногенного рельєфу та засміченим базисом дренавання в руслах балок. Глибина залягання рівня ґрунтових вод тут суттєво залежить від умов фільтрації до зони розвантаження, додаткових джерел техногенної інфільтрації із пошкоджених зливових мереж, наявності штучних перешкод на шляху поверхневого стоку, а саме: а) гідравлічного опору засмічених та замулених русел балок; б) штучних лійкоподібних знижень рельєфу в) безстічних ярів і відривів, що формуються при неналежній забудові гаражів. Межі цієї зони визначаються сумою двох складових: 1) відстанню від тальвегів балок до подошви схилів; 2) відстанню від подошви схилів до верхнього контуру інфільтраційного живлення в межах 150-270 мм/рік.

**Висновок.** Диференціація факторів, що сприяють порушенню стійкості техногенно навантажених лесових схилів, та їх кількісна оцінка, дозволили виявити джерела формування механічної суфозії та рекомендувати наступні запобіжні заходи:

- проведення інженерно-технічного моніторингу з періодичністю обстеження двічі на рік (наприкінці травня та листопада), що містить оцінку стану поверхневого стоку, зливової мережі, наявності штучних водозбірних воронок та ярів у рельєфі, та даних щодо появи суфозійних конусів виносу, а також інтенсифікації деформацій на будинках різного призначення;
- припинення будівельних та земляних робіт, які уповільнюють поверхневий стік та розвантаження води у тальвеги балок, формують водозбірні лійки та яри;
- реалізація проекту реконструкції водонесучих мереж з ліквідацією штучних водопоглинаючих воронок та ярів у рельєфі. Ремонт зливових комунікацій рекомендується проводити у напрямку підняття рельєфу, починаючи з балок.

#### Перелік посилань

1. Звіт про гідрогеологічні дослідження з переоцінки запасів питних підземних вод Мелітопольського родовища в границях Мелітопольського та Ново-пилипівського водозаборів Запорізької області (у 4-х книгах) / Руденко Ю.Ф., Рябих О.В., Стеценко Б.Д., Чайка В.Г. Бердянськ, 2004.
2. Механізм техногенної гідрогеомеханічної деградації льосів / [І. О. Садовенко, М. В. Фоцій, Г. І. Рудько та ін.] // Сучасний техногенез та інженерне освоєння льосових масивів: монографія за ред. І.О. Садовенка / [І. О. Садовенко, М. В. Фоцій, Г. І. Рудько та ін.]. – Київ-Чернівці: Букрек, 2019. – С. 32–73.
3. Базік В. О., Загриценко А. М. Оцінка гідрогеологічних умов експлуатації Новопилипівського родовища підземних вод та обґрунтування методики переоцінки запасів підземних вод / Тиждень студентської науки - 2023: Матеріали сімдесят восьмої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 24-28 квітня 2023 року. Д.: НТУ «ДП», 2023. С. 225-228.