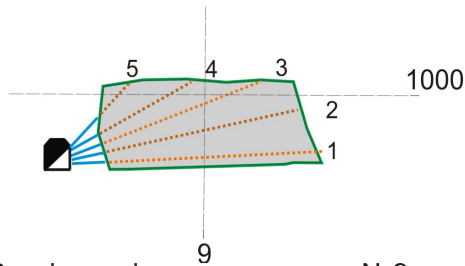
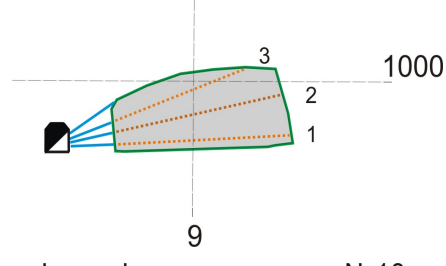


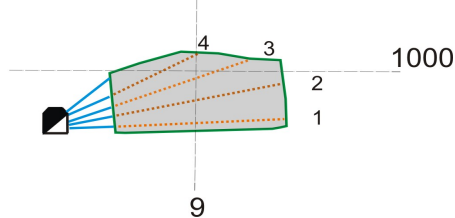
Розріз по віялу свердловин №7



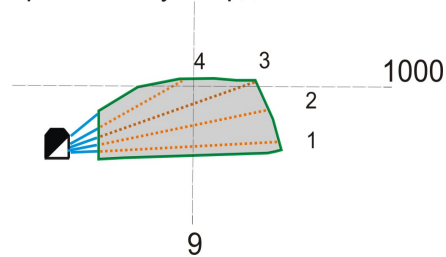
Розріз по віялу свердловин №8



Розріз по віялу свердловин №9



Розріз по віялу свердловин №10



Розріз по віялу свердловин №11

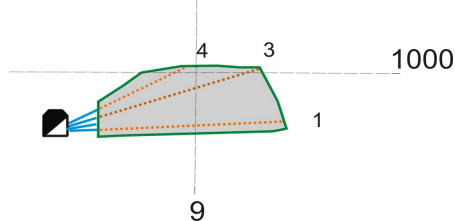


Рис. 6 Розріз по віялам, отриманий в буровому орту №3 блока 7-11 покладу «Гнездо» п'ятого підповерху горизонту мінус 1180м

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Дослідження системи оперативного сканування виробленого простору показали її високу надійність, точність отриманих результатів, зручність використання в умовах підземної розробки залізних руд. Система оперативного сканування може бути рекомендована для визначення параметрів виробленого простору, як в процесі розробки так і після її закінчення.

#### Список літератури

1. Єлезов К.С. Дослідження можливості тахеометричного методу зйомки очисних камер з використанням електронного тахеометру/ Гірничий вісник-2012 р.-вип. №95(1) - с. 59-62
2. MEIER G. Die bisherige Tätigkeit des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau - geotechnische Erkundung und Bewertung“ und dessen zukünftige Aufgaben. - Tagungsband 4. Altbergbaukolloquium, 4. bis 6. Nov. 2004 in Leoben, S. 7 - 12, Essen (Glückauf)
3. Азарян А.А., Попов С.О. Система сканування очисних камер «Геоскан-1»/Збірник НДГРІ - 2010 р.- вип. №52 – С. 180-186.
4. Капланець М.Е., Чередниченко О.Є, Коцюрба Ю.Г., Кучерявенко І.А. Методичні рекомендації з підготовки проектів нарізних і очисних робіт у виїмкових одиницях при підземному видобутку залізних руд та визначення його економічних характеристик /Кривий Ріг: КТУ, 2007. – 38 с.

Рукопис подано до редакції 23.02.13

УДК 556.332.634

О.В. ІНКІН, Д.В. РУДАКОВ

### ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ПЕРЕВЕДЕННЯ ПІДТОПЛЕНИХ ДІЛЯНОК В РЕЖИМ САМОДРЕНУВАННЯ

Обґрунтовано спосіб дренажного захисту підтоплених територій правобережжя міста Дніпропетровська, оснований на штучному збільшенні проникності водотриву під верхнім водоносним шаром та відведенні надлишкової води до нижніх горизонтів. За допомогою програми ModFlow 2009 (Schlumberger W.S.) створено гідродинамічну модель роботи системи поглинаючих свердловин в умовах природного і техногенного інфільтраційного живлення. Визначено схему оптимального розташування «фільтраційних вікон» з урахуванням рельєфу і забудови дослідженої території, що забезпечує максимальне зниження рівня ґрунтових вод. Визначено розподіл змін рівня та складові балансу підземних вод після переведення підтоплених ділянок у режим самодренування.

**Проблема та її зв'язок з практичними завданнями.** Підтоплення на територіях сотень населених пунктів України значно активізується протягом весняного періоду. Десятки років не ремонтвані зливостоки і каналізаційні колектори, як правило, не здатні витримати різкого збільшення атмосферних опадів. В результаті цього перезвожуються ґрунти та підвищується рівень підземних вод. Це призводить до зрушення схилів балок, затоплення підвалів або подвір'їв житлових будинків, а в кінцевому підсумку - до порушення стійкості природного середовища.

Проблема підтоплення території Дніпропетровська з'явилась кілька десятиліть тому і з часом загострюється. Аналіз палеогідрогеологічної обстановки на території міста, динамічного режиму ґрунтових вод і стану їх балансу свідчать про складність механізму формування процесу підтоплення. У сучасному вигляді підтоплення міської території - досить розвинене явище, яке спостерігається практично всюди, як на ділянках з пониженим рельєфом і проникними піщаними ґрунтами (лівобережжя і нижні тераси правобережжя), так і в межах районів правобережжя з більш високими позначками земної поверхні, складених слабопроникними лесовими суглинисто-супіщаними породами.

Результати досліджень підтоплення свідчать про значну і прогресуючу враженість міської території. Території з глибиною залягання ґрунтових вод до 3 м, тобто практично підтоплені землі у межах промислових і забудованих ділянок міста займають 9421 га (33% від загальноміської території), в тому числі на правобережжі - 2983 га (17% територій правобережжя), на лівобережжі - 6437 га (55%) [3]. У підтопленому стані знаходиться значна територія житлових масивів Перемога, Червоний Камінь, Комунар, Парус, Тополя. При збереженні існуючого водного балансу і з посиленням техногенної інфільтрації зростання рівня ґрунтових вод триватиме і надалі.

**Аналіз виконаних робіт.** Незважаючи на відповідні прогностичні оцінки, які були дані ще на початку 90-х років минулого століття, комплексні заходи, спрямовані на запобігання розвитку підтоплення в Дніпропетровську, не проводились у повному обсязі і не дали очікуваних результатів. У 1998 р., коли ситуація з підтопленням стала катастрофічною були ініційовані і розроблені «Комплексна програма ліквідації наслідків підтоплення територій у містах і селищах України» (затверджена Постановою Кабінету Міністрів України № 160 від 15 лютого 2002 р.) і «Комплексна програма захисту від шкідливої дії вод сільських населених пунктів і сільськогосподарських угідь в Україні» (затверджена Постановою Кабінету Міністрів України № 173 від 26 липня 2000 р.). Програми захисту від підтоплення виявились недостатніми, оскільки в більшості випадків у їх рамках передбачались тільки аварійно-відновні роботи, а не заходи, спрямовані на запобігання виникнення і зростання підтоплення. За повідомленнями прес-служби Дніпропетровської міської ради, для ліквідації наслідків весняного підтоплення на території міста планувалось використати 177 насосів підрозділів МНС України і реконструювати пошкоджені об'єкти водного господарства (дощо-приймальні колодязі, зливі системи і колектори). Проте, незважаючи на пропонувані заходи, до цього часу 22 км<sup>2</sup> території міста знаходяться під ризиком затоплення весняними паводками.

**Постановка завдання.** Аналіз існуючих програм свідчить про необхідність їх удосконалення шляхом забезпечення робіт, пов'язаних із попередженням підтоплення та його наслідків, а також узгодження відповідних заходів на державному, регіональному і місцевому рівнях. У зв'язку з цим метою роботи є виявлення зон з небезпечно високим рівнем ґрунтових вод і обґрунтування параметрів дренажних споруд, які мають забезпечити тривалий ефект самодренування підтоплених ділянок.

Досягнення цієї мети вимагає рішення наступних завдань: 1) виконати кількісну геолого-гідрогеологічну оцінку чинників підтоплення на території Дніпропетровська; 2) визначити підтоплені ділянки, де застосування пропонованого дренажу матиме найбільший ефект; 3) обґрунтувати ефективність спорудження і розробити рекомендації ефективного використання поглинаючих свердловин.

**Викладення матеріалу й результати.** Розроблений спосіб дренажного захисту пропонується для території житлового масиву Тополя-1, режим рівня ґрунтових вод у межах якого характеризується як техногенно-порушений з чітко проявленою тенденцією до підйому. Величина інфільтраційного живлення за рахунок техногенезу місцями зросла до 800 мм/рік. З моменту освоєння території рівень ґрунтових вод піднявся на 13-18 м. На початку будівництва він знаходився на глибині 19-23 м, в поточний час знаходиться на глибині 2-3 м. Незважаючи на

загальний підйом рівня ґрунтових вод, зміна його положення відбувається по-різному на різних ділянках дослідженої території. Виділяються особливо небезпечні ділянки з глибиною залягання підземних вод до 1 м, вони потребують першочергового дренажного захисту.

Житловий масив Тополя-1 розташований у межах вододільної частини між р. Дніпро і балкою Попова, на схилі останньої. Абсолютні позначки поверхні землі - 101-158 м. В геологічному розрізі присутні осадові породи четвертинної, неогенової і палеогенової систем.

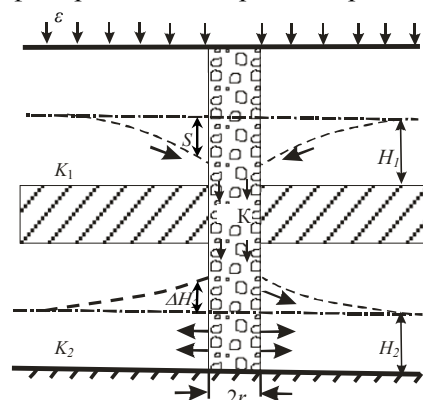
Палеогенові відклади розкриті в тальвегу балки Попова на абсолютних позначках 54,5-56,3 м. Вони представлені верствою зеленувато-сірих алевритів потужністю 9-10 м з великим вмістом черепашки і твердої темно-сірої глини. Вище палеогенових відкладів повсюдно залягають неогенові сірі, білі полтавські піски місцями кварцові, дрібнозернисті й однорідні. Абсолютні відмітки покрівлі пісків 81,4-88,1 м. Над пісками залягають неогенові глини від світло-сірого до білого кольору, їх потужність змінюється від 5 до 12 м. Відклади четвертинної системи залягають на осадовій товщі неогену. Потужність їх верстви на вододілі становить 35-50 і більше метрів, у тальвегу балки Попова - 11-14,5 м. Характерною особливістю четвертинних відкладів є чергування шарів лесу з лесоподібними суглинками і супіщаними ґрунтами. Ґрунтово-рослинний шар розвинений повсюдно за винятком бортів балки.

Перший водоносний горизонт приурочений до четвертинних відкладів. Водовмісні породи - леси і суглинки. Потужність водоносного горизонту максимально складає 25-27 м і визначається прийнятими положеннями відносного водотриву, яким є неогенові глини. Водоносний горизонт безнапірний, ухил рівня - в бік балки Попова. Напрямок потоку збігається із загальним нахилом водотриву. Коефіцієнти фільтрації змінюються від 0,01 до 1,2 м/добу. Природне інфільтраційне живлення становить 6-18 мм/рік. Розгрузка підземних вод - у струмок балки Попова, в нижній водоносний горизонт, а також шляхом випаровування і транспірації.

Другий від поверхні водоносний горизонт приурочений до полтавських пісків, нижче яких залягають темносірі глини. Площа водоносного горизонту залежить від наявності та площі поширення верстви глин у підшві пісків, а також від водопроникності порід покрівлі, через які відбувається перетік ґрунтових вод. Потужність водоносних пісків 8-12 м. Водоносний горизонт напірно-безнапірний. Абсолютні позначки рівня 92,3-113,67 м. Коефіцієнт фільтрації пісків становить 1,32 м/добу.

Аналіз геолого-гідрогеологічних умов показує, що при прогнозуванні гідрогеологічної обстановки в умовах запропонованого дренажного захисту розрахункова схема має бути представлена водоносними горизонтами четвертинних (перший) і неогенових (другий) відкладів. Фільтруючий матеріал у в стволах вертикальних поглинаючих свердловин є водонасиченим ( $K=30-60$  м/добу). Оскільки коефіцієнт фільтрації матеріалу значно перевищує коефіцієнт фільтрації глини, рух води в ньому відбувається у вертикальному напрямку, завдяки чому весь дренажний стік повністю надходить до нижнього горизонту.

На рис. 1 наведено схему поглинаючої свердловини, дренажний ефект якої оцінюється фільтраційною витратою через поперечний переріз ствола площею  $F=\pi r_0^2$ .



**Рис. 1.** Схема вертикальної поглинаючої свердловини:  $S$  - пониження рівня ґрунтових вод;  $H_1, H_2, K_1, K_2$  - відповідно, потужність верхнього і нижнього водоносного горизонту та їх коефіцієнти фільтрації;  $r_0$  - радіус ствола свердловини, заповненого матеріалом з коефіцієнтом фільтрації  $K$ ;  $\Delta H_2$  - підвищення рівня підземних вод у нижньому горизонті;  $\varepsilon$  - інфільтраційне живлення

З точки зору екологічної безпеки таке скидання принципово є припустимим з урахуванням фактичної експлуатації нижнього водоносного горизонту і підтверджується даними про хімічний склад і якість підземних вод першого горизонту. Слід зауважити, що другий горизонт наразі не використовується для водопостачання міста.

Створення фільтраційних вікон можна здійснити за допомогою буріння свердловин стандартного діаметру ударно-канатним або роторним способом і подальшим їх розширенням у водотривкому шарі відомими в буровій справі методами [1]. Але більш раціональним є використання запропонованого і запатентованого за участі одного з авторів пристрою для розширення свердловин [2]. Завдяки введенню додаткового породоруйнів-

ного органу, цей пристрій забезпечує одночасно буріння й розширення свердловини, і за рахунок цього - зниження матеріальних витрат і часу, необхідного для проведення робіт.

Ефективність запропонованого способу захисту території була обґрунтовано прогнозними моделюваннями змін рівня підземних вод у разі розташування поглинаючих свердловин на небезпечних ділянках житлового масиву Тополя. Методика чисельного моделювання фільтрації підземних вод, яка використовувалась при дослідженнях, базується на скінченно-різницевому розв'язку рівняння планової неусталеної фільтрації у шаруватій товщі гірських порід [4]. Розв'язання рівнянь було проведене за допомогою ліцензійного програмного забезпечення «MODFLOW v. 4.5» (Schlumberger Water Services, Канада), призначеного для моделювання гідрогеологічних процесів у підземних водах.

Моделювана область фільтрації охоплює найбільш небезпечну частину території житлового масиву. Її площа складає 2,26 км<sup>2</sup> і обмежена на півночі - лінією дренажної штольні вздовж залізничного тунелю, на північному заході - лінією тупикового дренажу на ділянці вздовж залізниці, на заході - водотоком у балці Попова, на сході - лінією вододілу між рікою Дніпро і балкою Попова (лінія вододілу підземних вод) і на півдні - лінією течії, встановленої за картою гідроізогіпс (Запорізьке шосе - шляхопровід). Область фільтрації була розбита на 5658 блоків (82×69). Крок сітки дорівнює 20 м і тільки в блоках, які прилягають до межі з дренажної штольні, він збільшений до 40-80 м.

Схему області фільтрації і розташування дренажних вікон на території житлового масиву Тополя-1 наведено на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема розташування «фільтраційних вікон» на території житлового масиву Тополя

Червоним позначені точки розташування поглинаючих свердловин.

Фільтрація в зоні впливу вертикальних поглинаючих дренажних свердловин вважається усталеною, що цілком прийнятно для умов їх тривалої експлуатації [4]. Фільтрація в самій поглинаючій свердловині є вільною, вертикальною, з усталеною витратою води, яка надходить до нижнього водоносного горизонту. Проектні фільтраційні вікна задавалися на моделі в зонах максимального підтоплення, де

положення рівня ґрунтових вод набувало катастрофічного характеру. При цьому шляхом рекогносцировки на місцевості в межах виділених зон знаходилися ділянки їх доцільного розташування, вільні від забудов і комунікацій.

Прогнозна задача була вирішена за умови, що винесення теплотрас на поверхню і заміна водопроводів на окремих ділянках дослідженої території виконуватись не буде, а режим техногенної інфільтрації не зміниться. Впровадження проектних дренажних заходів сприятиме зниженню рівня підземних вод і збільшенню потужності зони аерації, що, в свою чергу, сприятиме стабілізації живлення підземних вод за рахунок інфільтрації як атмосферних опадів, так і надходження з техногенних джерел.

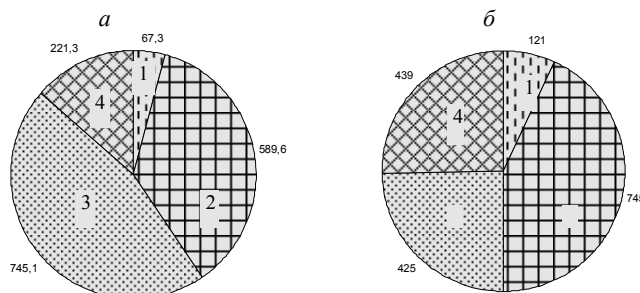
Аналіз результатів розрахунків показав, що при перетіканні підземних вод через дренажні «вікна» до нижнього водоносного горизонту максимальне пониження рівня у верхньому горизонті (четвертинні відклади) складе 3 м. Територія, в межах якої понизиться рівень підземних вод на 1,5-2 м, становитиме близько 0,5 км<sup>2</sup>. Вона охопить найбільш небезпечні ділянки житлового масиву. Істотного підвищення рівня води в полтавських пісках не відбудеться. Отже, поглинаючі свердловини є ефективним способом пониження рівня підземних вод у межах локальних ділянок підтоплення.

Балансові складові підземних вод за умови впровадження проектних дренажних заходів наведені на рис. 3.

Аналіз даних рис. 3 свідчить, що до експлуатації поглинаючих свердловин (рис. 3а) надходження підземних вод до першого водоносного горизонту відбувається, головним чином, за рахунок інфільтрації (91%), в меншій мірі за рахунок припливу з-за меж (9%). При цьому 72% води, що надходить, витрачається на межах і тільки 28% потрапляє до другого водоносного горизонту.

При експлуатації поглинаючих свердловин (рис. 3б) надходження підземних вод до першого водоносного горизонту також відбувається, переважно, за рахунок інфільтрації (86%), але

дещо збільшується приплив з-за меж (14%). Слід відзначити істотний ефект фільтраційних «вікон», які майже вдвічі (до 52% або 218 м/добу) збільшать перетікання до нижнього горизонту.



**Рис. 3.** Балансові складові підземних вод (м<sup>3</sup>/добу) до впровадження *а* і при роботі запропонованих дренажних заходів *б*: 1 - надходження підземних вод за рахунок припливу з-за меж; 2 — надходження підземних вод за рахунок інфільтрації; 3 - витрати підземних вод на межах; 4 - перетікання підземних вод до другого водоносного горизонту

Значно менша частина ґрунтових вод буде розвантажуватись на тій частині межі ділянки, де в 1997 р. стався масштабний зсув, зокрема, внаслідок замочування ґрунтів.

Підземні води, що перетікають до другого водоносного горизонту, надалі повністю витрачаються на його межах. При цьому рівень підземних вод у ньому істотно не зростає.

**Висновки.** Головними причинами підйому рівня підземних вод у четвертинних відкладах житлового масиву Тополя-1 є: техногенні витоки з водних комунікацій; скорочення випару внаслідок екранування території будівлями й асфальтом; полив садових ділянок поблизу ділянки розвантаження підземних вод; зростання інфільтраційного живлення за рахунок атмосферних опадів через зменшення потужності зони аерації і збільшення вологості порід; зміна умов поверхневого стоку за рахунок забудови території. З моменту освоєння території рівень ґрунтових вод піднявся на 13-18 м. Існуючі дренажні заходи не можуть попередити появу ділянок з малою глибиною залягання рівня ґрунтових вод.

Розроблена числова геофільтраційна модель відтворює перетікання ґрунтових вод з верхнього четвертинного горизонту слабопроникних лесових відкладів до нижнього горизонту неогенових пісків з урахуванням зон штучної підвищеної проникності водотривкого глинистого шару за рахунок поглинаючих свердловин. За результатами числового моделювання встановлено, що прогнозне пониження рівня підземних вод в умовах експлуатації фільтраційних «вікон» складе від 1,5 до 3 м на площі близько 0,5 км<sup>2</sup>.

Баланс підземних вод показує, що їх надходження до першого водоносного горизонту відбувається, головним чином, за рахунок інфільтрації (86%), меншою мірою за рахунок припливу з-за меж (14%). Запропоновані поглинаючі свердловини збільшать майже вдвічі (з 28 до 52%) потік підземних вод до нижнього горизонту. Підземні води що перетікають до другого водоносного горизонту, практично не вплинуть на його рівень підземних вод.

У подальшому слід оцінити ефективність запропонованого способу дренажного захисту в інших гірничо-геологічних умовах і провести його апробацію його на практиці. Необхідно також виконати розрахунок економічного ефекту за рахунок відвернення соціально-екологічних збитків від ураження підтопленням територій.

#### Список літератури

1. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Технология бурения нефтяных и газовых скважин // Москва: Недра, 2001.— 675 с.
2. Гаврич Є.Ф., Інкін О.В. Пристрій для розширення свердловини / Патент 39281 А Україна, МПК Е 21В10/26, Е 21В10/32. Заявник та патентовласник Національна гірнична академія України.— №99073970; заявл. 13.10.99; опубл. 15.06.01; Бюл. №5.
3. Зеленська Л., Дук Н. Екологічний атлас Дніпропетровської області // Київ-Дніпропетровськ: НВП «Картографія», 1995.— 26 с.
4. Мироненко В.А. Динамика подземных вод // Москва: Горная книга, 2009.— 519 с.

Рукопис подано до редакції 19.03.13

УДК 622.457: 621.926.2

О.Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф., М.В. АНДРЕЙЧИКОВ, аспірант  
ДВНЗ «Криворізькій національний університет»

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУХОГО ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Статтю присвячено питанню ефективності пилопригнічення. Містяться теоретичні дослідження інерційного осадження у вихрових пиловловлювачах у залежності від початкової концентрації пилу і його дисперсності, а також