

## ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ДОНБАСУ

**О.Г. Сірик, канд. техн. наук; О.В. Грабар; Н.П. Канюк;  
О.В. Фаткуліна**

*Автомобільно-дорожній інститут Донецького національного  
університету*

*Висвітлені проблеми водопостачання Донбасу, зношеності трубопроводів, особливо в містах, підроблюваних підземними гірничими роботами в пластах крутого падіння. При цьому на земній поверхні утворюються терасоподібні уступи висотою до 50 см, які руйнують будь-які споруди, розміщені над ними.*

*Оскільки діючі нормативні документи стверджують про неможливість прогнозування уступів в плані, автори пропонують свій метод такого прогнозу, що ґрунтується на статистичних обробках матеріалів інструментальних зйомок уступів.*

У 80-ті роки минулого століття основною проблемою у водопостачанні Донбасу була просто нестача питної води, у зв'язку з чим було розпочато будівництво каналу „Дніпро-Донбас”, досі не закінченого. Вода в найпотужніший промисловий район України подається каналом «Сіверський Донець-Донбас» довжиною 131 км. Канал перетинає ряд родовищ корисних копалин, у тому числі вугільне родовище Центрального району Донбасу. На цій ділянці канал побудований у вигляді дюкера довжиною 10,8 км, який перетинає декілька глибоких балок, найбільша з яких - балка Залізна. Дві крайні ділянки загальною довжиною 4,3 км виконані із попередньо напружених залізобетонних труб діаметром 2,2 м, а середня ділянка являє собою три сталеві трубопроводи діаметром 2,3 м з товщиною стінок 10-14 мм та один трубопровід діаметром 1 м. Із них в експлуатацію в 1958 році введені два трубопроводи діаметром 2,3 м, третій введений на початку 70-х років ХХ ст., а останній діаметром 1 м - на початку 90-х років ХХ ст.

Витрати каналу становлять 42 м<sup>3</sup>/с, а кожний з двометрових трубопроводів транспортує 13 м<sup>3</sup> води за секунду. Вихід його з ладу спричинить нестачу близько 1 млн 123 тис м<sup>3</sup> на добу такої цінної для Донбасу води. Проблеми реконструкції каналу для продовження строку його експлуатації були викладені нами в роботі [1].

Але в останні 10-15 років з'явилась нова, не менш складна проблема, яка безпосередньо негативно впливає на екологічний і соціальний стан міст Донбасу, особливо міст, підроблюваних підземними гірничими роботами. Ця проблема – втрати очищеної і підготовленої до споживання води в мережах водопостачання та стан трубопроводів.

Показовою щодо цього є стаття В.С. Ромейко про стан трубопроводів у Росії [2]:

*«Трубопроводи належать до систем життєзабезпечення. Критерії якості трубопроводів – надійність і довговічність.*

*За протяжністю трубопроводів Росія займає друге місце в світі (після США), проте таких зношених трубопроводів немає ні в одній розвиненій країні світу. Планово-запобіжний ремонт трубопроводів повністю поступився місцем аварійно-відновним роботам з витратами в 2,5-3 рази вище. Відбувається накопичення недоремонту і падіння надійності трубопроводних систем».*

Автор вважає необхідним терміново замінити на мережах водопостачання в Росії 30% трубопроводів, 36% у мережах каналізації і 21,3% - у теплових мережах.

Стан трубопроводів інженерної міської або виробничої інфраструктури, ступінь зношеності якої стає небезпечним для навколишнього середовища, він визначив терміном «ПІДЗЕМНИЙ ЧОРНОБИЛЬ», маючи на увазі повільне отруєння організму будь-якої живої істоти споживаною водою, забрудненою неорганічними елементами. Це положення має тенденцію швидкого погіршення.

Автор пропонує доповнити Підпрограму «Реформування і модернізація житлово-комунального комплексу Російської Федерації від 17.11.01г. № 797 таким:

1 Відкрито визнати вплив стану трубопроводів на здоров'я і економічне благополуччя громадян.

2 Доручити керівникам регіонів розробити програми «Підвищення ефективності, надійності і екологічної безпеки трубопроводів системи житлово-комунального комплексу», передбачивши в ньому проведення таких робіт:

- інвентаризацію технічного стану існуючих трубопроводів;
- встановлення фактичних втрат води і тепла при транспортуванні та фактичної витрати електроенергії в процесі експлуатації водопроводів;
- вибір сучасних технологій для відновлення і ремонту існуючих трубопроводів;
- пропозиції щодо фінансування цих робіт.

Перераховані пункти пропонованої програми особливо актуальні для нашого безводного Донбасу, зокрема для Горлівки.

Виявляється, інвентаризація технічного стану мереж до 2004 р. ніколи не виконувалася. Вперше про неї згадали у липні 2004 р. після передачі міського водоканалу до системи державного підприємства «Укрпромводчормет». Місто не має і не мало ніколи генеральної схеми водопостачання.

Втрати води в місті Горлівка катастрофічні – при нормативній потребі міста в питній воді (154 тис. м<sup>3</sup> на добу) втрачається за оцінками 1996 р. 44% від всієї поданої на місто очищеної питної води, 60% - за оцінкою 2005 р., тобто з поданих 150 тис. м<sup>3</sup> на добу 60 тис. доходять до споживача, а решта, 90 тис., втрачається, при цьому зношення водопровідних мереж становить понад 80%.

Такі величезні втрати, крім недостачі води для населення, яке вкрай незадовільно оплачує неподану в дійсності воду (норматив споживання в місті встановлений 11,4 м<sup>3</sup> на мешканця в місяць при середньо-фактичному водоспоживанні в Донецькій області 5,4 м<sup>3</sup> на людину в місяць), можуть обернутись екологічним лихом.

Вода з мереж комунікацій попадає у верхні шари ґрунту, викликаючи значне підвищення рівня ґрунтових вод, перезволожує земляне полотно і основу дорожніх одягів міських вулиць і доріг, безкінечний „ямковий” ремонт яких не дає позитивних результатів – всі вулиці міста мають вкрай деформоване дорожнє покриття.

При цьому затоплена велика кількість підвалів, де поряд проходять мережі водопроводу і каналізації. Оскільки відключення подачі води повсюдні і безсистемні, вже відмічені випадки засмокування каналізаційних стоків у водопровідну мережу на окремих ділянках у липні 1999 р. та червні 2000 р.

До цього можна додати, що за далеко не повними даними в місті більше 100 км мереж укладання 1934-1960 рр. при терміні служби мереж 20 років. Серед них, наприклад, по проспекту Перемоги діаметром 150мм (1934 р.), староміський діаметром 250 мм (1939 р.), по проспекту

Леніна діаметром 250 мм (1958 р.), всі вони чавунні, водоводи на шахті «Комсомолец» - діаметром 500 мм (квартал 1083, 1957 р.) і діаметром 200 мм по вулиці Вуглегірській (1957 р.), водопровід «Берестовський» на шахті ім. Гайового, чавунний діаметром 500 мм (1939 р.). Кількість поривів на водопроводах у 1989 р. становила 5000 на рік (дані „Дніпродіпрошахту”) – 13-14 на добу, а за даними газети «Кочегарка» від 08.07.2004 р. – 200 поривів на добу.

Плачевний стан мереж водопроводу багато в чому пояснюється підроблюваністю території гірничими роботами 10 шахт. Сьогодні чотири з них закриті, але вони підробляли місто десятиліттями. У місті підроблено пластами крутого падіння 61% забудованої території, де і проходять всі мережі інженерних комунікацій. Весь підроблений масив десятки років давав осідання близько 5-10 см на рік, крім цього, відбуваються горизонтальні переміщення, він не є суцільним монолітним середовищем. Але найбільших пошкоджень мережам завдають уступи – терасоподібні зосереджені деформації заввишки до 50 см, що виникають внаслідок нерівномірного просідання окремих блоків гірського масиву. Місто до 1971 р. проектувалося і забудовувалося без урахування цієї деформації, яка для районів Центрального Донбасу є основою в навантаженнях від підроблення. Наука тут відставала від потреб проектування, будівництва і подальшої експлуатації. Дотепер у нових документах на забудову і підроблення (2000-2004 рр.) перспективне положення уступу в плані вважається невідомим, хоча в АДІ ДонНТУ це питання вирішене вже десять років тому.

У наш час кафедра екології і безпеки життєдіяльності АДІ ДонНТУ вирішує питання розрахунку напруг у трубопроводах на уступах, для чого розроблена нова геомеханічна модель утворення уступу. На відміну від сходинок, якою зображується уступ у діючих нормативних документах [3], ця модель являє собою утворення уступу у вигляді сполучення двох елементів опукло-ввігнутої кривизни. Це дало змогу обчислити радіуси кривизни, а на їх основі перейти до визначення напруг в елементах будь-яких конструкцій, під якими утворився уступ.

Для захисту трубопроводів інженерних комунікацій від руйнівної дії уступів необхідно знати:

- по-перше, місця перетину трубопроводу з уступами;
- по-друге, кут перетину;
- по-третє, кривизну (радіус кривизни) уступу, що дає змогу обчислити згинальний момент і напругу в трубопроводі.

На основі даних трасування і індивідуальних зйомок уступів, проведених у 1974 - 1996 рр. під керівництвом д-ра техн. наук В.І. Черняєва (Дон НТУ), встановлена можливість імовірного прогнозу розміщення уступів у плані шляхом статистичної обробки матеріалів.

Для встановлення залежності між місцями утворення уступів і геологічною будовою товщі порід були побудовані геологічні розрізи по 9 створах на полях шахт ім. Гагаріна, “Комсомолец”, ім. Леніна, “Кочегарка” і ім. Гайового – по вулицях Черкасова, Переяславській, Болотнікова, каналу “Сіверський Донець – Донбас”, бул. Димитрова, вул. Маршальській і Герцена, Комсомольській-Мойсеєнко, Інтернаціональній і Ярославського. Геологічні розрізи побудовані в масштабі 1:1000 і включали тільки верхню частину порід товщі по висоті.

По тих самих 9 створах на основі результатів трасування та індивідуальних зйомок були складені відомості уступів, де фіксувалися всі виявлені інструментально або візуально уступи, починаючи з висоти 5

см. На їх основі були складені вибірки великих уступів і відповідні до них контактні пари літологічних типів гірських порід.

З аналізу одержаних таблиць встановлено, що у всіх комбінаціях контактних пар беруть участь тільки 5 літологічних типів порід: 1 – пісковик; 2 – вапняк; 3 – сланець піщаний; 4 – сланець глинистий; 5 – сланець піщано – глинистий.

Крім того, частина уступів утворилася безпосередньо на виході під наноси вугільних пластів, а інша частина утворилася по товщі суцільного масиву .

Оскільки літологічних порід п'ять, а контактують вони по два, встановимо число можливих контактів за формулою комбінацій з п'яти по два і отримуємо наявність десяти контактних пар.

Це такі контакти порід:

- 1) пісковик – вапняк;
- 2) пісковик – сланець піщаний (алевроліт);
- 3) пісковик – сланець глинистий (аргіліт);
- 4) пісковик – сланець піщано – глинистий;
- 5) вапняк – сланець піщаний;
- 6) вапняк – сланець глинистий;
- 7) вапняк – сланець піщано - глинистий;
- 8) сланець піщаний – сланець глинистий;
- 9) сланець піщаний – сланець піщано – глинистий;
- 10) сланець глинистий – сланець піщано – глинистий.

Наступним етапом аналізу було складання вибірок контактних пар з підрахунком частоти розподілу уступів для трьох випадків їх утворення: на контактних парах, на виходах вугільних пластів і в суцільному масиві. Вибірки виконувалися в таблицях за методикою для складання гістограм розподілу .

Аналіз вибірок показав, що 167 розглянутих великих уступів (висотою 10-50 см) таким чином розподіляються відносно місць їх утворення [4]:

I – контакти літологічних типів порід – 68,2%;

II – виходи вугільних пластів - 19,2%;

III – суцільний масив одного типу породи – 12,6%.

Уступи на тріщинах суцільного масиву (12,6%) у 48% випадків з'явилися в піщаному сланці, у 29% - у глинистому сланці і у 19% - в пісковіку.

Розподіл уступів за контактними парами різних літологічних типів показав, що 50% уступів утворюються на контактах пісковіку з більш слабкими за міцністю породами – глинистим сланцем (17,2%), за ними ідуть пари сланець піщаний – сланець глинистий (15,6%), пісковик – сланець піщаний (15,4%).

Також досліджена картина розподілу уступів на виходах вугільних пластів залежно від типу вмесних порід і характеристика уступів, що утворилися в суцільному масиві. Виконаний аналіз вже дає досить повну картину місць утворення уступів, але з метою визначення імовірності утворення уступу в будь-якій заданій точці зроблений аналіз геологічної будови за 9 зазначеними створами з метою встановлення характеру розподілу відмічених раніше літологічних різниць. Результати цієї вибірки наведені в таблиці 1.

За результатами виконаних вибірок отримана узагальнювальна таблиця, дані якої становлять цінну інформацію при вирішенні завдань проектування реконструкції мереж інженерних комунікацій та

дорожнього одягу міських вулиць на ділянках утворення уступів у Центральному районі Донбасу (табл. 2).

Таблиця 1 – Аналіз контактних пар масиву гірських порід

Пор. номер	Найменування контактних пар	Кількість контактних пар	Відсоток
1	2	3	4
1	Пісковик – сланець глинистий	129	17,18
2	Вугілля – вмісні породи	125	16,64
3	Сланець піщаний – сланець глинистий	117	15,58
4	Пісковик – сланець піщаний	116	15,45
5	Вапняк – сланець глинистий	84	11,18
6	Вапняк – сланець піщаний	62	8,26
4	Пісковик – сланець піщаний	116	15,45
5	Вапняк – сланець глинистий	84	11,18
6	Вапняк – сланець піщаний	62	8,26
7	Пісковик – сланець піщано-глинистий	34	4,53
8	Сланець глинистий – сланець піщано-глинистий	29	3,86
9	Пісковик – вапняк	27	3,60
10	Вапняк – сланець піщано-глинистий	18	2,40

Таблиця 2 – Підсумкові дані результатів обробки вибірок уступів на контактних парах

Пор. номер	Показник	Одиниця вимірюв.	Кількість
1	Шахтних полів	шт.	5
2	Створів	-"-	9
3	Загальна довжина створів	м	12640
4	Середня довжина створів	-"-	1404
5	Кількість контактних пар	шт.	751
6	Усього уступів	-"-	499
7	Усього великих уступів (10 см)	-"-	167
8	Максимальна висота уступу	см	46
9	Середньозважена висота уступу	-"-	14,6
10	Середньозважена помилка трасування уступу	м	5,43
11	Питома кількість уступів	шт./км	39,5
12	Те саме великих уступів	-"-	13,2
13	Кількість уступів на одну контактну пару	шт.	0,66
14	Те саме великих уступів	-"-	0,22
15	Кількість контактних пар на 1 км створу	шт./км	59,4

Статистична імовірність утворення уступів на контактних парах (відносна частість) визначається за формулою

$$A = \frac{m}{n}, \quad (1)$$

де  $m$  – число появи події (утворення уступу висотою більше 10 см на контактній парі );

$n$  – число дослідів ( число контактних пар ).

Імовірність утворення уступу в будь – якій заданій точці може бути визначена як імовірність складної події, що складається із збігу двох незалежних подій. Вона дорівнює добутку імовірностей цих складових подій:

$$P = \sum SA, \quad (2)$$

де  $S$  – імовірність утворення уступу на даній контактній парі з формули (1).

Розрахунки за обома формулами поєднані в одну таблицю 3. Для отримання імовірності утворення уступу в будь – якій точці необхідно отриману імовірність утворення уступу 0,19 перемножити на імовірність потраплення в зону уступу. Для цього, припустивши, що на 1 км припадає  $59,4 \approx 60$  контактних пар і, передбачаючи на кожній з них утворення уступу з імовірністю 0,19, задамося шириною зони уступів. За результатами спостережень середня ширина зони одного уступу дорівнює 5 м. Тоді сумарна ширина зони уступів на 1 км дорівнює  $60 \cdot 5 = 300$  м. Імовірність потраплення в цю зону на відрізьку трубопроводу в 1 км  $300/1000 = 0,3$ .

Остаточна імовірність утворення уступу в будь – якій наперед заданій точці профілю шахтного поля навхрест простягання буде дорівнювати [4]:

$$P = 0,19 \cdot 0,3 = 0,06.$$

Таблиця 3 – Розрахунок сумарної імовірності утворення уступів

Пор. номер	Найменування контактної пари	m	n	A	S	P
1	Вугілля – вмісні породи	32	125	0,26	0,17	0,0442
2	Пісковик – аргіліт	31	129	0,24	0,17	0,0408
3	Пісковик – алевроліт	26	116	0,22	0,15	0,0330
4	Алевроліт– аргіліт	19	117	0,16	0,16	0,0256
5	Аргіліт – сланець піщано-глинистий	11	29	0,38	0,04	0,0152
6	Вапняк – алевроліт	9	62	0,14	0,08	0,0112
7	Пісковик –сланець піщано-глинистий	6	34	0,18	0,05	0,0090
8	Вапняк – аргіліт глинистий	6	84	0,07	0,11	0,0077
9	Пісковик – вапняк	3	27	0,11	0,04	0,0044
10	Алевроліт – сланець піщано – глинистий	2	10	0,20	0,01	0,0020
11	Вапняк – сланець піщано – глинистий	1	18	0,06	0,02	0,0012

Накладання плану траси трубопроводу на план трас уступів дає відповіді на питання про місце і кут перетину трубопроводу з уступом.

Для теоретичного обґрунтування цього питання на основі даних табл. 2, одержаних для напрямку навхрест простягання гірських порід, обчислені вірогідні місця перетинання трубопроводу уступами залежно від кута перетину. Ці дані наведені в табл. 4.

Таблиця дозволяє встановити кількість необхідних компенсаторів на конкретному водопроводі або газопроводі залежно від кута перетину їх з напрямом простягання гірських порід.

Таблиця 4 – Кількість великих уступів на 1 км трубопроводу

Кут до напрямку простягання, $\alpha$		$\sin \alpha$	Кількість уступів	Розподіл уступів по висоті		
градус	Радіан			Інтервал, см	відсоток	1 км
0	0	0	0	9,99-15	51,12	7
5	0,087	0,088	1,15	15-20	21,97	3
10	0,174	0,173	2,29	20-25	8,52	1
15	0,262	0,258	3,42	25-30	10,76	1
20	0,349	0,342	4,51	30-35	4,05	1
25	0,436	0,422	5,58	35-40	0,45	0
30	0,523	0,5	6,60	40-45	1,79	0
35	0,610	0,573	7,57	45-50	1,34	0
40	0,698	0,643	8,48			
45	0,785	0,707	9,33			
50	0,87	0,766	10,11			
55	0,956	0,819	10,81			
60	1,042	0,867	11,43			
65	1,138	0,906	11,96			
70	1,224	0,940	12,40			
75	1,308	0,966	12,75			
80	1,396	0,985	13,00			
85	1,483	0,996	13,15			
90	1,570	1	13,20			

У будь-якому посібнику з водних ресурсів ми знайдемо вказівки, що людині для життєдіяльності достатньо 3-4 літри води на добу, але з урахуванням комунального обслуговування необхідно в 100 разів більше. І навіть у виданнях радянського періоду є натяки на необхідність будівництва роздільних систем питного і технічного водопостачання.

Кажучи про технічне водопостачання, не можна не враховувати з уваги той величезний резерв води, який міста Донбасу мають у вигляді шахтного водовідливу. Нами були одержані і оброблені спільно з маркшейдерським відділом ДО «Артемвугілля» дані з водовідливу за 18 років (1980-1997). Вони були оброблені як випадкові ряди, встановлено, що вони підлягають нормальному закону розподілу, отже, і закону великих чисел - їх багаторічні середні величини стійкі незалежно від часу і періоду спостережень.

За цими даними середній водовідлив 10 шахт становить 3032 м<sup>3</sup>/час, отже, на добу це становить 72768 м<sup>3</sup>/добу, тобто, половину добової потреби такого міста, як Горлівка.

Очищення такого великого об'єму води хоча б до нормативів комунально-побутового водопостачання могло б в значній мірі зняти проблему нестачі води в Донбасі.

## SUMMARY

*The problems of water-supply of Donbass, wearing out of pipelines, are lighted up, special in towns earned additionally by underground mountain works in the layers of the steep falling. Thus ledges in high to 50 sm, which damage any buildings placed above them, appear on an earthly surface.*

*As operating normative documents are asserted about impossibility of prognostication of ledges in a plan, authors offer the method of such prognosis, based on statistical treatments of materials of instrumental surveys of ledges.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сірик О.Г., Піддубна О.В., Чернобровкіна Н.С. Проблеми водопостачання міст Донбасу //Наук.-практ. конф."Донбас-2020: Наука і техніка – виробництву".- Донецьк.: ДонНТУ, 2002. - С. 901-904.
2. Ромейко В.С.Состояние трубопроводов России – «Подземный Чернобыль»/ Эксплуатация, строительство и ремонт водохозяйственных сооружений //Международная конференция. – 2005.
3. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. –К.: Держбуд України, 2000. – 65 с.
4. Малога М.Ф., Сірик А.Г., Шматко А.В. Прогнозирование положения уступов в плане //УгольУкраины – 1996. - №5-6. - С.57-58.

*Надійшла до редакції 28 жовтня 2005 р.*

УДК 502.7:661.888.1

## ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ РАЙОНУ ВІДВАЛУ ФОСФОГІПСУ ВАТ “СУМИХІМПРОМ” ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

**І.О. Трунова**

*Сумський державний університет*

У сучасних умовах техногенної дії на природне середовище найбільш характерні зміни відбуваються у ґрунтового покриві, де поступово зростає фоновий вміст важких металів. Зберегти ґрунт від забруднення практично неможливо, оскільки вся поверхня земної кулі тією чи іншою мірою зазнала антропогенного впливу.

До останнього часу питанню нормування вмісту важких металів у ґрунтах не надавалась належна увага. Ця величина базується на встановленні ГДК, які при тривалій дії на ґрунт і вирощувані рослини не викликали будь-яких патологічних змін чи аномалій у ході біологічних процесів та не відбувалося накопичення токсичних елементів у сільськогосподарських культурах та організмах тварин і людини.

Для оцінки ступеня забрудненості ґрунтів важкими металами, з одного боку, необхідно мати точку початкового відліку, якою є значення фонового вмісту елемента, а з іншого – знати ГДК елемента в ґрунті.

На сьогодні не існує достатньо вірогідних даних про фоновий вміст важких металів у ґрунтах. Наведені різними вченими результати відрізняються між собою в 5 - 10 разів.

Єдиного значення ГДК забруднюючих речовин щодо різних типів ґрунтів не існує. У літературних джерелах наведена досить значна кількість відомостей про ГДК для різних елементів та їх сполук (табл. 1).