

УДК 622.3 + 502/504

к.г.н. Лисиця В. Є.,
 Арсенюк С. Ю.
 (ДонДТУ, м. Лисичанськ, Україна)

ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ПОШКОДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ТРУБОПРОВІДІВ У ЗВ'ЯЗКУ З ТЕКТОНІЧНИМИ ДЕФЕКТАМИ ЩІЛЬНОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВУГЛЕНОСНОЇ ТОВЩІ

При проектуванні, будівництві та експлуатації трубопроводів у Донбасі недостатньо враховуються дані структурної(тектонічної) оцінки їх профілів. Це призводить до пошкодження та руйнування тіла труб і як наслідок матеріальних та екологічних збитків. З огляду на це у роботі проведена прогностична оцінка впливу тектонічно порушених зон, активованих регулярними підземними гірничими роботами, на стан підроблюваних трубопроводів та розробка природоохоронних заходів зі зниження їх екологічної небезпеки за допомогою геолого-геофізичних методів.

Ключові слова: дефекти щільності гірських порід, геодинамічні процеси, зони впливу тектонічних порушень, максимальні величини осідання земної поверхні, безпечна глибина розробки, підроблені ділянки трубопроводів, аварійні ситуації на трубопроводах, природоохоронні заходи

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.

Трубопровідні системи є основою системи забезпечення населення, виробництва та сільського господарства життєвоважливими продуктами: чистим повітрям, питною та технологічною водою, високо- і низькопотенціальним теплоносієм (теплом), газом, нафтопродуктами. Трубопроводи відносяться до категорії енергонапружених об'єктів, відмови яких пов'язані, як правило, із значним матеріальним і екологічними втратами. Численні відмови на технологічних трубопроводах, що транспортують пожеже- та вибухонебезпечні продукти, отруйні компоненти й токсичні середовища, призводять до локальних і масштабних забруднень навколишнього середовища, створюють підвищений ризик з точки зору безпеки персоналу і населення. Пошкодження магістрального трубопроводу призводять, як правило, до значного екологічного збитку з можливими непоправними наслідками для навколишнього природного середовища.

Визначальним критерієм екологічної безпеки трубопроводів є їх надійність, що полягає в здатності виконувати задані фу-

нкції, зберігаючи свої експлуатаційні властивості протягом «життєвого циклу».

Конструктивна надійність, як властивість трубопровідної конструкції, має задовольняти екологічним критеріям, оскільки повна або часткова втрата трубопроводом його працездатності неминуче супроводжується негативним впливом на навколишнє середовище. Трубопроводи (водопроводи, нафтопроводи, газопроводи та ін.) характеризуються незначним навантаженням на основу, зазвичай не перевищує 2×10^4 Па, але для них властива висока чутливість до механічних деформацій, які можуть викликати осьові переміщення з пошкодженням стикових з'єднань. Розрахунок трубопроводів проводиться з урахуванням міцності основи, сейсмічності та ступеня агресивного впливу середовища.

У практиці будівництва трубопроводів будь-якого діаметру і призначення для проектування використовуються дані про рельєф місцевості (балки, яри, водотоки), що характеризують його пересіченість. Але, слід зазначити, що при прокладанні трубопроводів недостатньо враховуються

© Лисиця В. Є., 2018

© Арсенюк С. Ю., 2018

дані структурної (тектонічної) оцінки їх профілів, що в подальшому (в процесі експлуатації) призводить до порушення цілісності трубопроводів (пориви, тріщини і т. д.), яке зазвичай носить несподіваний характер.

В Донбасі порушення цілісності трас трубопроводів пов'язані з дефектами щільності гірських порід, що призводять до розривів і осідання поверхні Землі. Дефекти щільності зазвичай проявляються в зонах розвитку складчастих і розривних тектонічних порушень. Високий ступінь тектонічної порушеності порід вугленосної товщі Донбасу та багаторазова геодинамічна активізація розривних дислокацій підземними гірничими роботами, призводять до ще більш значних осідань земної поверхні і підвищенню небезпеки експлуатації підроблюваних трубопроводів.

З огляду на це прогнозування параметрів зон небезпечного впливу тектонічних порушень, що виходять на земну поверхню, на стан підроблюваних трубопроводів як на етапі проектування, так і в процесі будівництва та експлуатації, є актуальною проблемою.

Постановка задачі.

На основі викладеного можна сформулювати завдання дослідження, яке полягає у прогнозній оцінці впливу тектонічно порушених зон, активованих проведенням гірничих робіт, на стан підроблюваних трубопроводів та розробці природоохоронних заходів зі зниження їх екологічної небезпеки за допомогою геолого-геофізичних методів.

Виклад матеріалу і його результати.

Найбільшу потенційну небезпеку для навколишнього середовища представляють магістральні трубопроводи, які є лінійно-протяжними об'єктами з високим рівнем екологічної небезпеки.

Небезпека виникнення надзвичайних ситуацій на магістральних трубопроводах зростає з кожним роком, особливо якщо вони знаходяться в експлуатації понад 15–

20 років. Причина наростання загроз полягає в наступному:

1. Нормативні документи з вишукування і проектування магістральних трубопроводів і капітальних споруд з їх обслуговування наполегливо рекомендують розміщувати ці об'єкти на неугіддях (балки, яри, заболочені ділянки). Існує помилкова думка про "збереження" родючих земель.

2. Нормативами не повністю враховуються регіональні геодинамічні процеси гірничих масивів, на яких побудовані і функціонують споруди.

3. Поняття «геодинамічні», «мікро геодинамічні» зони («зони ризику») ГДЗ, активність тектонічних порушень були відомі лише вузькому колу фахівців [4].

Однак багаторічний досвід з вивчення причин пошкоджуваності промислових і цивільних споруд та лінійно-протяжних об'єктів показав, що однією з головних причин втрати їх стійкості є геодинамічні процеси в гірничих масивах.

Досвід оцінки впливу геодинамічних процесів геологічного середовища на стійкість наземних об'єктів, а також на магістральні трубопроводи України геолого-геофізичними методами дозволив висунути наступну концепцію, яка викриває головні причини виникнення специфічних видів корозії магістральних трубопроводів:

1. Магістральні трубопроводи (МТ) на всьому своєму протязі перетинають блоки масивів гірничих порід, що контактують між собою через геодинамічні зони (ГДЗ, мікро ГДЗ, зони ризику), ширина яких становить від перших десятків до сотень метрів, а також тектонічні порушення з різною геодинамічною активністю.

2. При регулярній активізації тектонічних порушень блоки земної поверхні зміщуються на 5–10 мм. Зрушення порід і гази, що при цьому виділяються, викликають корозійно-механічне руйнування не тільки захисних покриттів, але і можуть

викликати розвиток тріщин у матеріалі труби.

3. Гірничі виробки (кар'єри, розрізи, шахти), розташовані поблизу МТ, негативно впливають на них – за рахунок переміщень порід та інших факторів розвивається активне корозійно–механічне руйнування МТ [5].

На сучасних трасах МТ на території України ймовірність виникнення "раптових" надзвичайних природно–техногенних ситуацій зростає з року в рік під впливом неврахованих геодинамічних процесів гірського масиву.

Слід також зауважити, що по геодинамічно активним тектонічним порушенням продовжуються аномальні рухи, вони високоградієнтні (до 70 мм/рік), короткоперіодичні (від року до перших років), просторово локалізовані (від 0,1 км до перших десятків км) і відрізняється пульсаційною та знакозмінною направленістю. Це призводить до накопичення утоми металу, його «жування», тому місця найбільшої концентрації аварій на підроблюваних трубопроводах (близько 90% випадків) розташовані у зонах впливу геодинамічно активних розломів (ГДАР) земної кори різного рангу.

Показники аварійності в ослаблених зонах зростають у порівнянні з міжрозломними інтервалами у 30 разів (у вузлах перетину у 60 разів). До того ж активність геодинамічних зон ініціюють гірничі роботи. При взаємодії всіх цих чинників у границях зон розривних порушень в результаті короточасних флуктуацій міцнісних характеристик гірських порід виникають інтенсивні деформації тектонічних зон, в яких невеликі впливи призводять до аномально великих (до 2–3 порядків) відгуків середовища на ці впливи [4]. Це призводить до виникнення аварійних ситуацій на трубопроводах у зонах впливу активованих порушень.

Вивченням характеру розвитку процесу зрушення при підробці тектонічних розривів у Донбасі займалися такі дослідники,

як В.І. Коваленко, В.М. Земісев, Ю.Б. Файнштейн, Ю.М. Гавриленко та ін.[6]. Всіма дослідниками наголошується, що характер зрушення масиву порід у цих умовах складний, відрізняється цілим рядом особливостей в порівнянні зі зрушенням порід при витриманому заляганні та досліджений недостатньо повно. У своїх дослідженнях вони також встановлюють відповідність деформацій земної поверхні при повній підробці деформаціям об'єктів, розташованих у зоні їх впливу. За зону впливу тектонічних порушень приймаються зазвичай ділянки земної поверхні, що включають в себе проекцію горизонтальної потужності перем'ятих порід і прилеглі до неї з боку висячого і лежачого крил 60-метрові ділянки [2].

З огляду на це пропонується проводити прогнозну оцінку структурних особливостей профілів трас трубопроводу за допомогою комплексного виділення тектонічно порушених зон в геологорозвідувальних свердловинах геологічними та геофізичними методами та прогноз впливу зміни ступеня тектонічної порушеності порід вугленосної товщі з глибиною на земну поверхню.

Виділення тектонічно порушених зон (дефектів щільності гірських порід) проводилося з використанням як геологічної, так і геофізичної інформації. Всього вивчено 3648 зон в геологорозвідувальних свердловинах Селезнівського геолого–промислового району. Його площа (1040 км²) освітлена в геологічних звітах про детальну розвідку геологорозвідувальних ділянок та дорозвідку шахтних полів [7].

Вивчення тектонічної порушеності району проводилося за розрідженою мережею рівномірно розташованих свердловин, оскільки площа району розвідана за досить щільною мережею геологорозвідувальних виробок.

Головною умовою вибору свердловин була якісна документація перебування гірських порід і повний комплекс геофізич-

них досліджень у пошуковому масштабі 1:200 [7].

До геологічних показників відносяться: знижений вихід керна, що спостерігається в тріщинуватих (порушених) зонах; сліди тектонічної активності в керні (борозни, штрихи, «дзеркала» ковзання, «шрами», перем'ятість і тріщинуватість, різкі зміни кутів падіння і т. д.); кускуватість порід, пов'язана з тріщинуватістю.

До геофізичних показників відносяться:

1. На кривих гамма-гамма каротажу (ГГК) дефекти щільності чітко фіксуються у вигляді позитивних аномалій.

2. На кривих кавернометрії (КМ) порушені зони (дефекти щільності) виражаються у вигляді позитивних аномалій у зв'язку зі збільшенням діаметра свердловини.

3. На кривих уявних опорів (УОГЗ, УОПЗ) дефекти щільності виділяються як негативні аномалії.

4. На кривих акустичного каротажу (АК) у зонах дефектів щільності виділяються позитивні аномалії [8].

Дані опису порід по керну, вихід керна, характер кривих геофізичних досліджень дає чітку картину глибини залягання тектонічно порушених зон.

Оцінка рівня тектонічної порушеності і зміна його з глибиною проводилася з застосуванням методики виділення дефектів щільності гірських порід у геологорозвідувальних свердловинах за комплексом геолого-геофізичних ознак.

Геологічні розрізи свердловин розбивалися на стометрові інтервали за глибиною, причому інтервал 0–100 м виключався як непередставницький у зв'язку з впливом процесів вивітрювання на щільність гірських порід.

Дані про кількість тектонічно порушених зон у кожному інтервалі згруповані, перевірявся характер їх розподілу. Нормальний розподіл елементів вибірки дозволяє користуватися середньоарифметичним значенням кількості порушених зон у кожному інтервалі.

Результати обробки даних свідчать про те, що до інтервалу 700–900 м кількість тектонічно порушених зон (дефектів щільності) змінюється в межах від 8,9 – 9,46 в інтервалах 100–200 м і 200–300 м до 13,9 – 18,0 в інтервалах 700–800 м і 800–900 м.

Звертає на себе увагу той факт, що в інтервалах від 100 до 700 м темп наростання кількості тектонічно порушених зон становить +0,46 на 100 м розрізів свердловин, а в інтервалі 900–1600 м мінус 1,07 відповідно.

Інтервали 700–800 і 800–900 м різко випадають із загального графіка і є перехідними. Інтенсивність тектонічних проявів в інтервалі 700–900 м різко збільшується в порівнянні з інтервалами 100–700 м і 900–1600 м [8].

Таким чином, за даними геолого-фізичних досліджень тектонічної порушеності порід у свердловинах ще до початку ведення гірничих робіт на проектованому підприємстві представляється можливість виділити зони їх небезпечного впливу в залежності від інтенсивності порушень на передбачуваній глибині розробки вугільних пластів.

Особливо актуальним це завдання стає для Донбасу та зокрема Луганської області, де дуже часто в зону впливу тектонічних порушень потрапляють трубопроводи, під якими ведеться підземний видобуток вугілля.

У ході досліджень останніх років визначено взаємозв'язок між горизонтальними деформаціями земної поверхні, викликаними підробкою, і зміною напружено-деформованого стану сталевих трубопроводів, що перетинають зону виходів полого- і крутопадаючих порушень на поверхню, в умовах багаторазового впливу гірничих робіт [2].

Встановлено, що у звичайних умовах, за відсутності тектонічних порушень, нерівномірність розвитку осідань і швидкостей осідань у часі відносно невелика, і розвиток процесу зрушення представляється плавними розрахунковими кривими. Так

само знайшло підтвердження, що в зонах перетину підроблюваними трубопроводами тектонічних порушень швидкості осідань у 1,5–2 рази більше розрахункових, час досягнення максимальних швидкостей проявляється в 3 рази швидше розрахункового [6].

Вочевидь це є одним з визначальних факторів підвищення аварійності на водоводах Луганщини останнім часом. Аварії на водоводах є причиною втрати великого об'єму води (у результаті її витоку), а також повного припинення подачі води споживачам, впливають на технологічні процеси промислових підприємств і завдають значної шкоди, як екологічної, так і матеріальної.

Історично так склалося, що Луганська область одна з найбільш маловодних. Існуючі джерела питної води розташовані в центрі і на півночі регіону, а основні споживачі – на промисловому півдні. В результаті вода подається на відстань 230 – 250 км і піднімається сімома станціями на висоту 340 метрів. Все це обумовлює специфічну, дуже складну і витратну систему водопостачання області. За останні чотири роки втрати води в мережах зросли з 46 (2014 р.) до 63 відсотків (2017 р.). Приблизно половина з 7,5 тисяч км водопроводів вимагають термінової заміни.

Так, шахтами ДП «Луганськвугілля» в різний час підроблялися водопроводи різних діаметрів, міські водопровідні мережі, каналізаційні мережі. Ця обставина вносить істотні ускладнення, як в режим експлуатації водоводів, так і в порядок відпрацювання запасів вугілля.

В умовах багаторазового впливу гірничих робіт особливо важливе значення має безаварійна експлуатація трубопроводу, тому що аварії водоводу можуть призвести до затоплення величезної території земельних угідь, що спричинить за собою економічні збитки і негативно позначиться на стані навколишнього середовища.

Досліджувана ділянка трубопроводу Слов'яносербськ – Красний Луч потрапила

в зону впливу гірничих робіт шахти «Романівська» по пласту k^{16}_7 .

У геологічному відношенні ділянка шахти приурочена до Селезнівського комплексу і займає північне круте крило Селезнівської котловини (60–75°), замкову і донну її частини до Селезнівського насуву зі стратиграфічною амплітудою 50–90 м, кутом падіння зміщувача 25–50° і протяжністю 3,5 км.

Вищевказана ділянка сталевого водоводу (діаметром 1000мм) проходила на південному похилому крилі Селезнівської синкліналі вхрест її вісі (кути падіння порід 8–20°). Підробка ускладнювалася виходом на поверхню тектонічних порушень. Водовід побудований із заходами, що забезпечують ведення гірничих робіт без попередніх заходів охорони.

У ході дослідження була визначена глибина безпечної підробки і проведений розрахунок максимального осідання земної поверхні на підроблюваній ділянці водоводу Слов'яносербськ – Красний Луч

Деформації трубопроводу в основному залежать від величини виймальної потужності пласта, глибини гірничих робіт, швидкості посування вибою лави.

У ході досліджень для даного трубопроводу відповідно до «Правил підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом» [1] були встановлені межі зони впливу гірничих виробок на ділянку земної поверхні, розрахована глибина безпечної підробки, зроблений розрахунок максимального осідання земної поверхні та швидкості осідання.

Границі зони впливу гірничих виробок визначаються граничними кутами у градусах відповідно до [1].

Граничні кути β_0 , γ_0 , δ_0 в підробленій товщі кам'яновугільних порід у всіх районах, окрім Західного Донбасу, приймаються рівними:

$$\beta_0 = 70^0 - 0,8\alpha, \quad (1)$$

де α – кут падіння пласта, град., $\alpha = 5^0$.

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

$$\beta_0 = 70^0 - 0,8*5 = 66^0$$

$$\gamma_0 = \delta_0 = 70^0$$

Кути максимального осідання θ і повних зрушень ψ_1, ψ_2, ψ_3 для умов, коли існують роботи минулих років на нижчезалягаючих горизонтах в даному пласті при відсутності робіт на вищезалягаючих горизонтах, приймаються рівними:

$$\theta = 900 - \alpha \quad (2)$$

$$\theta = 90^0 - 5^0 = 85^0$$

$$\psi_1 = 55^0 + 0,25\alpha \quad (3)$$

$$\psi_1 = 55^0 + 0,25*5 = 56^0 15' 00''$$

$$\psi_2 = 55^0 + 0,25\alpha \quad (4)$$

$$\psi_2 = 55^0 + 0,25*5 = 56^0 15' 00''$$

$$\psi_3 = 55^0$$

На підставі отриманих розрахунків були побудовані розрізи пласта k^{r_7} за простяганням та вхрест простягання. Завдяки побудованим розрізам чітко встановлено зону впливу гірничих виробок. Згідно з [1] максимальне осідання земної поверхні визначається за формулою:

$$\eta_m = q_0 * m * \cos\alpha * N_1 * N_2, \text{ м}, \quad (5)$$

де q_0 – відносна величина максимального осідання відповідно до А.2.5.1 [1] безрозмірна величина. Для Донецького басейну у районах залягання вугілля марок Ж, К, П, і Д–Г ця величина дорівнює 0,80;

m – виймальна потужність пласта, $m=0,50 \text{ м} = 500 \text{ мм}$;

α – кут падіння пласта, град., $\alpha = 50$.

N_1, N_2 – умовні коефіцієнти, що характеризують ступінь підробленості земної поверхні відповідно вхрест простягання та за простяганням, безрозмірні величини. Відповідно до табл. А.2 [1] $N_1=0,74, N_2=0,80$.

$$\eta_m = 0,8*500*\cos 50*0,74*0,8 = 0,24 \text{ м}.$$

Швидкість осідання визначаємо за формулою згідно з [1]:

$$V = (2C \times \eta_m) / (H_{cp}), \text{ мм/добу}, \quad (6)$$

де C – швидкість посування очисного вибою, мм на добу. $C = 1167 \text{ мм}$;

η_m – максимальне осідання, мм, $\eta_m=240\text{мм}$;

H_{cp} – середня глибина розробки, мм, $H_{cp}=540000 \text{ мм}$.

$$V = (2 \times 1167 \times 240) / 540000 = 1,04 \text{ мм/добу}.$$

Безпечну глибину підробки H_6 в метрах треба визначати за формулою [1]:

$$H_6 = K_\epsilon \text{ м}/[\epsilon], \text{ м}, \quad (6)$$

де K_ϵ – коефіцієнт для визначення безпечної глибини підробки. Для кута падіння пласта $\alpha = 50$ $K_\epsilon = 1,0$ [1];

m – вийнята потужність, м, $m = 0,5$ м;

$[\epsilon]$ – допустимий показник горизонтальних деформацій, безрозмірна величина, що визначається для інженерних споруд та комунікацій відповідно до [1], та дорівнює нормативному допустимому показнику $[\epsilon]_н. [\epsilon] = [\epsilon]_н = 10,0 * 10^{-3}$

$$H_6 = 1,0 * 0,5 / 0,01 = 50 \text{ м}.$$

Загальна тривалість процесу зрушення визначається відповідно до [1] і складає 14 місяців при швидкості посування вибою 50 м. При цьому період небезпечних деформацій складає 7 місяців.

З метою визначення осідань земної поверхні проводилися інструментальні спостереження, для чого шахтою була закладена спостережна станція вздовж водоводів. Протягом 1991 – 1999 років на ділянці водоводу Слов'яносербськ – Красний Луч проводилися щорічні нівелювання маркшейдерської службою шх. «Романівська» («Україна») ДП «Луганськвугілля».

За результатами спостережень отримано натурні дані про розвиток осідань і деформацій земної поверхні.

Було вивчено зміну в часі профілю відрізка водоводу Слов'яносербськ – Красний Луч між м. Перевальськом і селищем Селезнівка протяжністю 1,5 км.

На основі наявних даних нівелювання побудовані профілі осідання досліджуваної ділянки водоводу в динаміці поетапно через кожні два роки протягом 8 років (1991–1999 рр.)

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Профілі величин осідань поверхні показують, що максимальні осідання земної поверхні спостерігаються в інтервалі ГК14–ГК44, що відповідає зоні впливу Селезнівського насуву та його гілок (рис. 1).

На основі проведених досліджень було встановлено, що з плином часу за рахунок сумації зрушень відбувається активізація зсувів по зміщувачу Селезнівського насуву та його гілок і збільшення швидкості і максимального осідання.

За наявними даними побудований геологічний розріз по трасі Слов'яносербськ–Красний Луч [9] і профіль осідання трубопроводу Слов'яносербськ–Красний Луч (рис. 2).

На профілі осідання поверхні Землі по трасі водовода зони впливу Селезнівського насуву фіксуються максимальними величинами 66 см (ГК26 – вихід верхньої гілки Селезнівського насуву на поверхню Землі) і 58 см (ГК 40 – закінчення зони інтенсивного впливу насуву). Між ГК 26 і ГК 40 величини осідання трохи нижчі й досить стабільні на рівні 39–47 см.

Слід зауважити, що більш інтенсивне осідання поверхні Землі у всячому крилі Селезнівського насуву спостерігається на відстані близько 200 м по нормалі до поверхні зміщувача (при статиграфічній амплітуді розриву $H = 80\text{--}90\text{ м}$). Далі до закін-

чення профілю в південному напрямку (починаючи від ГК 44) інтенсивність поривів і величин осідання поверхні Землі різко знижується. Оскільки висяче крило більш рухоме, ніж лежаче, і в ньому відбувається розривлення напружень, як наслідок, спостерігаються розриви і підвищена тріщинуватість. Тектонічне порушення змінює величини зрушень і деформацій земної поверхні у перетинах орієнтованих вздовж зміщувача: у активному крилі збільшує, а у пасивному зменшує в 1.5–3 рази в порівнянні з непорушеним масивом [6].

При цьому слід зазначити, що фактичне максимальне осідання земної поверхні більше розрахункового (розрахункове максимальне осідання земної поверхні дорівнює 24 см).

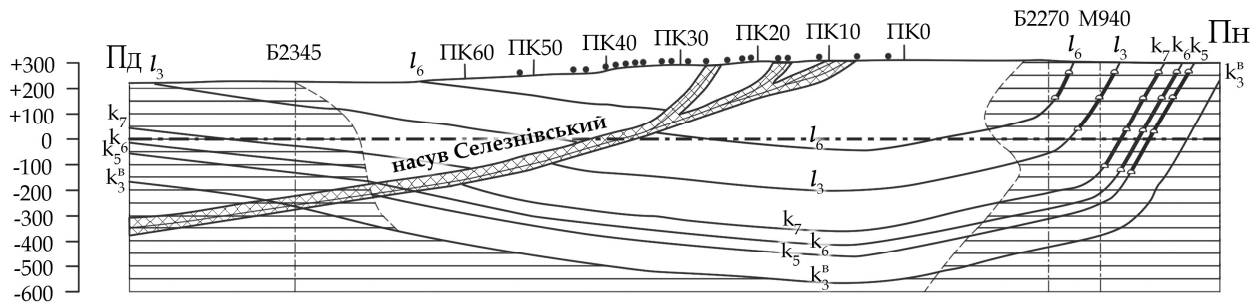
Цей факт пояснюється тим, що досліджуваний водовід потрапляє в зону впливу Селезнівського насуву. Оскільки в зонах перетину підроблюваними трубопроводами тектонічних порушень швидкості осідань у 1,5–2 рази більше розрахункових, відповідно спостерігається перевищення фактичного осідання над розрахунковим. Встановлено також, що час досягнення максимальних швидкостей проявляється в 3 рази швидше розрахункового.



Умовні позначення:

$\frac{28}{42}$ - номер пікета нівеліровки и величина осідання поверхні землі в см

Рисунок 1 – Профіль осідання трубопроводу Слов'яносербськ–Красний Луч



Умовні позначення

- | | |
|--|---------------------------------------|
| | - порушена зона Селезнівського насуву |
| | - точки пориву трубопроводу |
| | - номери пікетів нівеліровки |
| | - номер розвідувальної свердловини |
| | - ізогіпса і її абсолютна відмітка |

Рисунок 2 – Схематичний геологічний розріз вхрест простягання вісьової поверхні Селезнівської улоговини (траса Слов'яносербськ–Красний Луч)

Ця обставина ще раз підтверджує необхідність більш детального та оперативного вивчення гірничо-геологічних умов при веденні гірничих робіт, а також повноти обліку гірничо-геологічних чинників в самих розрахункових формулах.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що порушення цілісності трас трубопроводів пов'язані з дефектами щільності гірських порід, що призводить до осідання поверхні Землі. Дефекти щільності зазвичай проявляються в зонах розвитку складчастих і розривних тектонічних порушень. Осідання стають більш значними, якщо складчасті і розривні порушення виходять на земну поверхню і пов'язані з породами вугленосної товщі, в яких розробляються шахтами вугільні пласти.

Отримані результати дають нові уявлення про характер розвитку процесу зрушення земної поверхні в часі на виходах тектонічних порушень. Це розкриває картину раніше непередбачуваних аварійних

ситуацій і докорінно змінює підхід до визначення параметрів процесу зрушення для розробки заходів із захисту трубопроводів.

Встановлені закономірності дозволяють раціонально планувати розвиток гірничих робіт з метою зниження шкідливого впливу порушеної зони та підвищити надійність вибору заходів охорони об'єктів земної поверхні. Ситуація ускладнюється тим, що по-перше вплив на процес зрушення земної поверхні гірничих робіт декількох суміжних або близько розташованих лав, зазвичай, взаємно ув'язані як у просторі, так і часі. Тому проектування підробки навіть на середньострокову перспективу (5–7 років) повинне проводитися з розрахунку, що строки введення та вибуття робочих лав будуть додержуватися, що в сучасних умовах маловірогідно.

По-друге договір на проведення періодичних обстежень підроблюваного лінійного об'єкту та на його ремонтне обслуговування гірниче підприємство вимушене

укладати на весь термін передбачуваної підробки і на всю довжину підроблюваної ділянки. При тому вплив гірничих робіт у окремих лавах може перекиватися тільки частково, а гірничі роботи рознесені у часі.

При цьому одним з основних недоліків проектно-вишукувальних робіт є відсутність концепції стійкості магістральних водоводів у період їх майбутньої багаторічної експлуатації в залежності від рангової характеристики всіх значущих поодиноких або сумарних шкідливо впливаючих чинників.

Відпрацювання запасів вугілля у Донбасі характеризується складними гірничо-геологічними умовами, що ускладнює виїмку запасів і вибір заходів захисту підроблюваних трубопроводів. Характер процесу зрушення в цих умовах вивчений недостатньо, а методи прогнозу зрушень і деформацій земної поверхні розроблені, в основному, для окремих очисних виробок, що ускладнює вибір заходів захисту підроблюваних трубопроводів через ненадійність прогнозованих зрушень і деформацій при розробці свит пластів. Все це призводить до великих витрат на конструктивні заходи захисту, до втрат вугілля в запобіжних ціликах і порушенню експлуатаційної здатності підроблюваних трубопроводів.

Тому для запобігання випадків виникнення "раптових" надзвичайних природно-техногенних ситуацій, необхідно по всій трасі магістральних трубопроводів мати інформацію про ділянки помітних проявів геодинамічних процесів.

Слід зазначити, що спостереження за зрушенням земної поверхні обов'язкові у разі коли підроблювані об'єкти – лінійні споруди або розташовані над виходами тектонічних порушень [2].

Первинну інформацію про геодинамічний стан гірничого масиву вздовж всієї траси може дати карта інженерно-геодинамічної зональності (рекогносцирувальна), складена за результатами геолого-

геоморфологічного аналізу топооснови траси.

На другому етапі польовими геофізичними методами обстежуються виявлені на першому етапі небезпечні та особливо небезпечні ділянки і будуються детальні карти. На трасах магістральних трубопроводів, що проектується та будуються, проводяться профільні геолого-геофізичні дослідження масштабу 1:25000 і крупніше, в першу чергу, на ділянках, що виділені як найбільш геодинамічно небезпечні за результатами аналізу матеріалів геологічного картування масштабів 1:200000–1:1000000 [4].

Для прогнозу надзвичайних ситуацій, запобігання на трубопроводах аварій, зниження пов'язаних з ними екологічних наслідків на виділених геодинамічно найбільш небезпечних зонах рекомендується постановка комплексного високоточного маркшейдерсько– геодезичного, геолого– геофізичного та геохімічного моніторингу [4].

Отже, для того, щоб виявити потенційно небезпечні ділянки можливих руйнувань трубопроводу необхідно:

- детально вивчити геологічні дані про підроблюваний масив гірських порід;
- з допомогою геологічних і геофізичних методів виділити тектонічно порушені зони (дефекти щільності) і оцінити ступінь зміни тектонічної порушеності порід вугленосної товщі з глибиною; це дозволить ще до початку ведення гірничих робіт на проектуваному підприємстві виділити зони їх небезпечного впливу в залежності від інтенсивності порушень на передбачуваній глибині розробки;
- виявити наявність і встановити місце розташування в районі будівництва водоводу виходів пластів, тектонічних порушень, границь шахтних полів; при будівництві водоводів у цих районах необхідно виконувати комплекс вишукувальних робіт з визначення точного розташування пустот у виробленому просторі (на глибині до 80 м), виходів порушень і, по можливо-

сті, кутів падіння площини зміщувача і амплітуди зсуву гірських порід;

- ознайомитись з планами гірничих робіт і розрізами вхрест простягання пластів з вказівкою на них раніше пройдених виробок, а також проаналізувати дані про перспективу розвитку гірничих робіт у районі передбачуваної траси будівництва;

- співставити дані нівеліровок трас водоводів у тектонічно складних районах з трасуванням, кутами падіння і стратиграфічними амплітудами крупно-і середньо-амплітудних розривів для подальшого прогнозування потенційно небезпечних структурних зон;

- розрахувати максимальні осідання та швидкості осідання у зонах впливу тектонічних порушень і зіставити їх з фактично зафіксованими;

- здійснити прогноз деформацій земної поверхні і на основі цього встановити межі зон можливих провалів, здатних спричинити пошкодження водопроводів.

Своєчасне і доскональне виконання перерахованих заходів дозволить заздалегідь спрогнозувати зони можливих пошкоджень трубопроводів, уникнути помилки у прокладанні траси водоводу, знизити їх екологічну небезпеку.

Висновки:

Одним з визначальних факторів впливу порушеної земної поверхні на пошкодзованість підроблюваних трубопроводів є високий ступінь тектонічної порушеності порід вугленосної товщі Донбасу та багаторазова геодинамічна активізація розривних дислокацій підземними гірничими роботами.

В роботі проведено порівняльну оцінку розрахункових параметрів підробки ділянки водоводу Слов'яносербськ – Красний Луч гірничими роботами шахти «Романівська» в зоні впливу Селезнівського насуву з фактичними, встановленими за побудованим профілем осідання (за даними нівелювання спостережної станції шахти).

За результатами цих розрахунків та співставлення інструментальних спостере-

жень і побудованого геологічного розрізу, що відповідає досліджуваній ділянці водоводу, зроблено наступні висновки:

- максимальні осідання земної поверхні спостерігаються в зоні впливу Селезнівського насуву та його гілок;

- в зоні перетину підроблюваного трубопроводу розривним порушенням швидкості осідань у 1,5–2 рази більше розрахункових, час досягнення максимальних швидкостей проявляється в 3 рази швидше розрахункового; практично це означає, що терміни введення заходів захисту з початку підробки на експлуатованих трубопроводах в зонах перетину з тектонічними порушеннями скорочуються не менше ніж в 3 рази в порівнянні з термінами для підробки в звичайних умовах;

- спостерігається перевищення фактичного максимального осідання земної поверхні над розрахунковим у зоні впливу активного (висячого) крила тектонічного порушення в 1.5÷3 рази в порівнянні з непорушеним масивом у перетинах орієнтованих вздовж зміщувача;

З огляду на це за результатами вивчення 3648 зон в геологорозвідувальних свердловинах Селезнівського геолого-промислового району пропонується проводити прогнозну оцінку структурних особливостей профілів трас трубопроводу за допомогою комплексного виділення тектонічно порушених зон в геологорозвідувальних свердловинах геологічними та геофізичними методами та прогноз впливу зміни ступеня тектонічної порушеності порід вугленосної товщі з глибиною на земну поверхню.

Таким чином, оскільки трубопровідні системи в Донбасі часто перетинають території геолого-промислових районів зі складними гірничо-геологічними умовами, визначальним чинником підвищення ушкодзованості підроблюваних трубопроводів є тектонічні порушення, активовані гірничими роботами.

Проведені дослідження докорінно змінюють підхід до визначення параметрів

деформації земної поверхні в зоні впливу крупно– та середньоамплітудних тектонічних розривів з метою розробки заходів з захисту лінійних споруд та зниження їх екологічної небезпеки.

Враховуючи, що спостереження за зрушенням земної поверхні обов'язкові у разі, коли підроблювані об'єкти – лінійні споруди, або розташовані над виходами тектонічних порушень рекомендується:

– постановка комплексного високоточного маркшейдерсько-геодезичного та геолого–геофізичного моніторингу;

– виділення тектонічно порушених зон (дефектів щільності) за допомогою геологічних і геофізичних методів; виявлення наявності і встановлення місця розташування в районі будівництва трубопроводу виходів пластів, тектонічних порушень, границь шахтних полів; обов'язкове озна-

йомлення з планами гірничих робіт і розрізами вхрест простягання пластів;

– співставлення даних нівеліровок трас трубопроводів у тектонічно складних районах з трасуванням, кутами падіння і стратиграфічними амплітудами тектонічних розривів;

– обов'язкові розрахунки максимальних величин осідання та швидкості осідання у зонах впливу тектонічних порушень і зіставлення їх з фактично зафіксованими.

Успіх з охорони природного навколишнього середовища вздовж трас трубопроводу буде забезпечений там, де поєднуються зусилля дослідників, проектувальників, експлуатаційників-лінійників і вчених геологів-геофізиків.

Результати таких досліджень повинні стати основою для внесення відповідних змін і доповнень до нормативних документів.

Бібліографічний список

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. Видання офіційне. Мінпаливенерго України: ГСТУ 101.00159226.001–2003. – Київ, 2004. – 128с. (Галузевий стандарт України).

2. Закон України «Про трубопровідний транспорт від 15.05.1996 р. № 192/96–ВР.

3. Мазур І. І., Іванцов О. М. Безопасность трубопроводных систем / И. И. Мазур, О. М. Иванцов. – М. : Изд-во «Елима», 2004. – 1104 с.

4. Мельников Е. К. Оценка роли геодинамического фактора в аварийности трубопроводных систем // Санкт–Петербургский государственный горный институт (технический университет) / Е. К. Мельников, А. Н. Шабаров. – 2010. – С. 203–206.

5. Журило А. А., Соловьев Н. Н., Харионовский В. В. Геодинамические проблемы устойчивости магистральных газопроводов // Проблемы геодинамической безопасности. – СПб: ВНИМИ, 1997. – С. 193–198.

6. Шиян В. Д. Вплив магістральних трубопроводів на екологічну безпеку / В. Д. Шиян // Національна безпека: український вимір. – 2009. – № 5. – С. 58–66.

7. Лисица В. Е. Об изменении степени тектонической нарушенности горных пород Донбасса с глубиной по данным геологоразведочных работ (на примере Селезневского геологопромышленного района Донбасса) // Науковий вісник НГАУ. – 2001. – № 4. – С. 77–78.

8. Шкурский Е. Ф., Фальшин М. Н. Геологический отчет о детальной разведке каменных углей на участке Боржиковском Южном в Селезневском геолого-промышленном районе Донбасса. – 1983. – фонды ГРГП «Восток».

Рекомендована до друку д.т.н., проф. ДонДТУ Антощенком М. І., к.т.н., доц. СНУ ім. Даля Єлісєвим П. Й.

Стаття надійшла до редакції 15.05.2018

к.г.н. Лисица В. Е., Арсенюк С. Ю. (ДонГТУ, г. Лисичанск, Украина)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СВЯЗИ С ТЕКТОНИЧЕСКИМИ ДЕФЕКТАМИ ПЛОТНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД УГЛЕНОСНОЙ ТОЛЩИ

При проектировании, строительстве и эксплуатации трубопроводов в Донбассе недостаточно учитываются данные структурной (тектонической) оценки их профилей. Это приводит к повреждению и разрушению тела труб и, как следствие, к материальным и экологическим убыткам. В связи с этим в работе проведена прогнозная оценка влияния тектонически нарушенных зон, активированных регулярными подземными горными работами, на состояние подрабатываемых трубопроводов и разработка природоохранных мероприятий по снижению их экологической опасности с помощью геолого-геофизических методов.

Ключевые слова: *геодинамические процессы, зоны влияния тектонических нарушений, максимальные оседания земной поверхности, безопасная глубина разработки, подработанные участки трубопроводов, аварийные ситуации на трубопроводах, природоохранные мероприятия.*

PhD Lisitsa V. E., Arsenyuk S. Yu. (DonSTU, Lisichansk, Ukraine)

ENVIRONMENTAL DANGER OF DAMAGE TO SURFACE PIPELINES IN CONNECTION WITH TECTONIC DEFECTS OF DENSITY OF MINERAL ROCKS OF CARBON THICKNESS

When designing, constructing and operating pipelines in the Donbass, the data of structural (tectonic) estimation of their profiles are not sufficiently taken into account. This leads to damage and destruction of the body of the pipes and as a result of material and environmental damage. In connection with this, the work carried out a predictive assessment of the influence of tectonically disturbed zones activated by regular underground mining works on the state of underworked pipelines and the development of nature-conservative measures to reduce their ecological hazard through geological and geophysical methods.

Key words: *geodynamic processes, zones of influence of tectonic disturbances, maximum subsidence of the earth's surface, safe development depth, underworked pipeline sections, emergency situations on pipelines, nature conservation measures.*