

Ocena jakościowa wpływu wydobycia nośników energii na środowisko naturalne Ukrainy

W artykule przedstawiono wpływ na środowisko naturalne procesów technologicznych wydobycia głównych ukraińskich zasobów energetycznych – węgla i gazu – sposobem odkrywkowym, podziemnym i otworowym. Przytoczono jakościowe wskaźniki negatywnego wpływu procesów udostępnienia i wydobycia kopaliny na różne składniki biosfery. Przedstawiono tabelę porównawczą wskaźników oddziaływania, takich jak charakter, wielkość i czas trwania w różnych procesach wydobycia. Ukazano potencjalne sposoby rozwoju bazy zasobów energetycznych Ukrainy.

Słowa kluczowe: zasoby energetyczne, wpływ na środowisko naturalne, sposób wydobycia, komponenty biosfery

1. WPROWADZENIE

Trudno wyobrazić sobie współczesny kraj pozbawiony nośników energii – elektrycznej, cieplnej, mechanicznej, chemicznej czy jądrowej. Jednakże rozmieszczenie zasobów energetycznych na naszej planecie jest nierównomiernie; niektóre kraje posiadają duże zasoby, inne – ograniczone. To sprawia, że zdecydowana większość państw zależna jest w tym względzie od innych. Wydawać by się mogło, że w cywilizowanym świecie powinna obowiązywać wzajemna odpowiedzialność, przejawiająca się wymianą zasobów, towarów i produktów, co sprzyjałoby rozwojowi ludzkości. Tak się jednak nie dzieje, a jedną z charakterystycznych cech stosunków międzynarodowych jest ich niestabilność, która doprowadza do zjawisk kryzysowych oraz konfliktów, zarówno lokalnych, jak i globalnych. Taka sytuacja charakterystyczna jest nie tylko dla współczesnej Ukrainy, ale i dla wielu krajów europejskich, mających podobne problemy. Narusza to normalne funkcjonowanie państw. Dla złagodzenia możliwych niedogodności w międzynarodowych dostawach państwo i przemysł powinny tworzyć prywatne zapasy zasobów przydatne w czasie krótkookresowych przerw lub rozwijać własne bazy zasobowe w przypadku długookresowych problemów. Najbardziej niezawodnym okazuje się sposób „kombinowany”, łączący w sobie obydwie te opcje.

Współcześnie wydobycie gazu, ropy naftowej, węgla nie zapewnia pełnego bezpieczeństwa energetycznego naszej cywilizacji. Ten fakt ma szczególne znaczenie dla Ukrainy, która posiada bardzo ograniczone własne zasoby energetyczne, niezbędne do funkcjonowania państwa.

W związku z tym rozpoznanie geologiczne oraz eksploatacja węglowych, gazowo-węglowych, gazowych i gazowo-roponośnych złóż w skałach osadowych staje się problemem bezpieczeństwa państwowego. Bardzo ważnym zagadnieniem powiązanim z tą kwestią jest konieczność wcześniejszej oceny możliwych negatywnych skutków wydobycia nośników energii i dążenie do minimalizacji niebezpieczeństw. Potencjał zasobów energetycznych Ukrainy składa się z zasobów węgla, które ocenia się, jako wystarczające na trzy wieki, dosyć ograniczonych złóż ropy naftowej oraz złóż gazów naturalnych i gazów skał łupkowych, wstępnie szacowanych na kilka trylionów m³.

Na Ukrainie występują znaczne złoża rud radioaktywnych, jednakże brak jest kompleksu technologicznego do przygotowania produktów paliwowych. Występują również bogate zasoby torfu. Corocznie gromadzone są zapasy roślinnych (odnawialnych) zasobów energii biomasy w postaci drewna, krzewów i słomy. Istnieje znaczny potencjał tak zwanych niekonwencjonalnych źródeł energii (wiatr, ciepło geotermalne, słońce i inne), jednakże ich pozyskanie

wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych i czasu, których brakuje.

Przy tworzeniu własnej bazy nośników energii należy uwzględniać przede wszystkim te skutki, które powstają w wyniku działalności ludzkiej. W pierwszej kolejności dotyczy to zagadnień ekologicznych. Przy niskiej kulturze produkcji właściwie każda technologia wydobywania surowców mineralnych może spowodować znaczne zanieczyszczenia środowiska naturalnego, których nie będzie można usunąć przez dziesięciolecia. Takie zagrożenie wywołuje w społeczeństwie określone nastroje, opinie i działania konfrontacyjne, często mocno emocjonalne, niemające obiektywnego uzasadnienia. Dlatego przy ocenie oddziaływania zakładów górniczych na środowisko naturalne należy kierować się podejściem naukowym i rzetelną informacją. To powinno być podstawą do prognozowania działalności przedsiębiorstwa już w fazie projektu, a także stanowić wytyczne dla państwowego i społecznego monitoringu jego działalności.

Celem niniejszego artykułu jest określenie jakościowych aspektów procesów, które zachodzą w środowisku naturalnym przy wydobyciu węgla sposobem odkrywkowym i podziemnym, a gazu i ropy naftowej – sposobem otworowym. W celu lepszego jego zrealizowania warto przedstawić na początku ogólne informacje o biosferze – środowisku, w którym istnieje życie i występują nośniki energii. Biosfera to otoczka Ziemi, przestrzeń, w której funkcjonują wszelkie żywe organizmy. Innymi słowy biosfera to strefa Ziemi, w której możliwe jest życie.

Przyjęło się wyróżniać kilka składowych biosfery, jakościowo różniących się pomiędzy sobą. Przede wszystkim jest to stała wierzchnia skalna powierzchnia powłoka Ziemi – litosfera. W niej powstają i gromadzą się zasadnicze palne nośniki energii, takie jak biomasa, torf, węgiel, gaz i ropa naftowa. Przestrzeń wypełnioną powszechną na naszej planecie wodą określa się hydrosferą. Gazowa powłoka Ziemi to atmosfera. Nierozdzieloną częścią biosfery są różne pola fizyczne, nieposiadające masy spoczynkowej, ale wykazujące wpływ na obiekty materialne: grawitacja, temperatura, w różnych przedziałach elektromagnetyczne promieniowanie, strumienie cząstek elementarnych, ciśnienie i inne. Wiele z tych pól występuje nie tylko w przestrzeni ziemskiej, ale i w Układzie Słonecznym oraz Wszechświecie. Połączenie parametrów tych pól pozwala zasadniczej masie wody znajdować się w stanie płynnym, będącym uniwersalnym rozpuszczalnikiem i środowiskiem dla chemiczno-fizycznych reakcji substancji. W procesie ewolucji na planecie rozwijała się szczególna forma materii, składająca się z komórek organicznych lub bioty, którą reprezentują bakterie, grzyby, flora i fauna.

Potężne biochemiczne procesy, zachodzące na Ziemi przez okres pięciu-sześciu miliardów lat, doprowadziły planetę do aktualnego geologicznego i klimatycznego stanu. Kolejnym etapem ewolucji było pojawienie się człowieka. Formowanie się ludów i narodów doprowadziło do powstania państw, instytucji religijnych, kulturalnych, naukowych i edukacyjnych, urzędów, organizacji itp. Temu etapowi rozwoju biosfery ukraiński uczony Władimir Wiernadskij nadał nazwę noosfery.

Do części składowych noosfery zalicza się antroposferę (zbiorowość ludzi, jako organizmów), technosferę (zbiór sztucznych obiektów, stworzonych przez człowieka, i obiektów przyrodniczych, zmienionych w wyniku działalności ludzkiej) i socjosferę (zbiór czynników socjalnych, charakterystycznych dla danego etapu rozwoju społeczeństwa i jego wzajemnego oddziaływania z przyrodą). Aktywna funkcja noosfery polega na zabezpieczeniu zwiększających się potrzeb ludzkości, które spowodowane są zarówno szybkim wzrostem liczby ludności Ziemi, jak i zwiększeniem się jej indywidualnych potrzeb. Zasadniczym sposobem osiągnięcia tych celów jest stworzenie przez ludzi instrumentów, maszyn, działalności handlowej, przemysłowej, rolniczej i innych. Wszystko to odnosi się do technosfery, która intensywnie rozwija się w okresie dwóch-trzech wieków od początku rewolucji przemysłowej. Technosfera zależna jest od noosfery i nie może funkcjonować w oderwaniu od niej.

Przy ocenie wpływu wydobywania na środowisko naturalne należy w pierwszej kolejności określić składowe (charakter), skalę (objętość, powierzchnię i inne) oraz czasokres oddziaływania poszczególnych technologicznych operacji lub rodzaju robót na elementy biosfery.

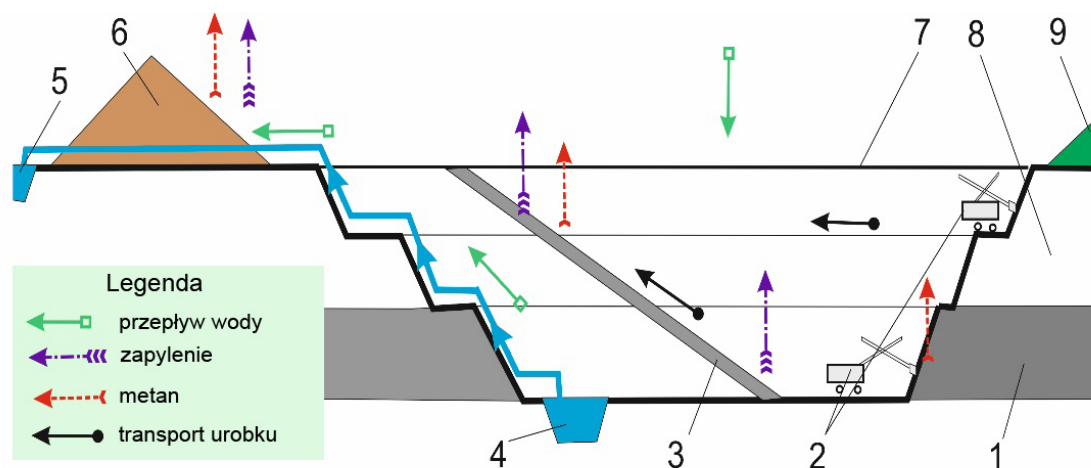
2. TECHNOLOGICZNE PROCESY WYDOBYCIA WĘGLA METODĄ ODKRYWKOWĄ

Po wykonaniu rozpoznania geologicznego i prac projektowych przystępuje się do przygotowania złoża do eksploatacji. Ekosystem „kopalnia odkrywkowa – otaczające go środowisko naturalne” zawiera nie tylko własne wyrobisko górnicze, ale i niezbędne do jego obsługi obiekty na powierzchni. Należą do nich drogi, linie kolejowe, linie energetyczne, rurociągi i kanały do odprowadzania wód kopalnianych i powierzchniowych. Do ekosystemu należy dodać strefy sanitarno-ochronne wokół stacjonarnych źródeł emisji, zwalów skalnych, zbiorników wodnych – osadników i innych obiektów.

Wpływ kopalń odkrywkowych na krajobraz wiąże się z przebudową ukształtowania terenu i tworzeniem technogennych form – negatywnych (denudacyjnych) i pozytywnych (akumulacyjnych). Zgodnie ze współczesnymi wymaganiami powierzchnie przeznaczone pod budowę budynków i obiektów kopalni odkrywkowej (wzrostki udostępniające, warsztaty, magazyny, zewnętrzne zwałowiska skalne, zbiorniki-osadniki, obiekty socjalne domowe, rurociągi, tory kolejowe i drogi, linie energetyczne, rozdzielnie energetyczne i inne) należy, w miarę możliwości, lokalizować na terenach niemających znaczenia rolniczego i leśnego. Jednakże ich rozmiary sięgają dziesiątków hektarów, przez co spełnienie tych wymagań jest możliwe zaledwie częściowo. W każdym z przypadków przygotowanie powierzchni roboczych

rozpoczyna się od usunięcia żyznej warstwy gleby i jej złożenia na wolnych powierzchniach, z przeznaczeniem pod późniejszą rekultywację. Przestrzeń roboczą kopalni odkrywkowej również, w miarę wybierania złoża, przygotowuje się do zdjęcia nadkładu, zdejmując najpierw warstwę gleby. Niestety, współczesne sposoby jej składowania w zwałach (kopcach) nie zapewniają zachowania własności urodzajnych, a przy składowaniu przez okres kilku lat lub dziesięcioleci własności te wręcz ulegają degradacji.

Budowa kopalni odkrywkowej powoduje znaczne zmiany krajobrazu, a z punktu widzenia ekologii jest naruszeniem stanu równowagi środowiska naturalnego. Najistotniejszymi jej obiektami są: wyrobisko eksploatacyjne oraz zwały zewnętrzne (rys. 1).



Rys. 1. Schemat procesu technologicznego wydobywania węgla metodą odkrywkową:

1 – pokład węgla; 2 – maszyna do urabiania; 3 – wyrobisko transportowe; 4 – rzapie;

5 – urządzenie odwadniające; 6 – zwał zewnętrzny; 7 – powierzchnia; 8 – nadkład; 9 – warstwa żyznej gleby

Na roboty eksploatacyjne składają się następujące podstawowe procesy produkcyjne: urabianie, ładowanie, transport i ekspedycja surowców mineralnych. Przy wydobywaniu węgla metodą odkrywkową urabianie polega na oddzieleniu zasobów surowca mineralnego od masywu z równoczesnym jego rozluźnianiem, co realizuje się za pomocą robót strzałowych lub mechanizmów i maszyn. Przy udostępnieniu oraz wybieraniu pokładu, transporcie, załadunku i wyładunku skał nadkładu oraz węgla powstają znaczne objętości pyłu kamiennego i węglowego, którego ogólna masa wynosi szacunkowo do 1-2% udostępniających i eksploatacyjnych strumieni urobku.

Przy występowaniu zwięzłych skał stropu pokładu kruszenie ich realizuje się za pomocą robót strzałowych. Z reguły równocześnie odpala się kilkadziesiąt otworów wypełnionych tonami materiału wybuchowego. To powoduje istotne sejsmiczne odkształcenia

górotworu na znacznej powierzchni terenu. Prócz tego wybuchom towarzyszy silne oddziaływanie fal akustycznych, które zaburzają równowagę w ekosystemie.

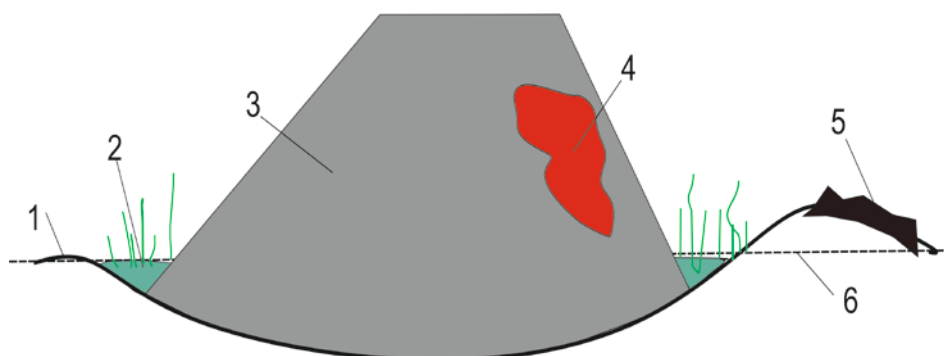
Wraz z wydobywaniem węgla następuje wydzielanie z pokładu metanu oraz innych gazów i par, zanieczyszczających atmosferę. Objętość ich ocenia się na podstawie gazonośności pokładów i warstw skały płonnej.

Przy eksploatacji pokładów węgla brunatnego metodą odkrywkową występują przypadki ich samozapłonu, co doprowadza do powstania znacznych ilości gazów toksycznych i cieplarnianych. Objętość emisji, powstającej w wyniku pożaru, można ocenić na podstawie objętości wypalonego węgla. Przy przechowywaniu węgla brunatnego na zwałach, w silosach, szczególnie po opadach deszczu i pod wpływem wiatru, również występuje samozagrzewanie i samozapłon.

W kopalniach odkrywkowych występują także pożary egzogeniczne, gdy od zewnętrznej energii zapala się wyposażenie, urządzenia elektryczne i inne. W tym przypadku objętość emisji należy oceniać na podstawie rodzaju i ilości spalonych substancji.

W czasie budowy i w początkowym okresie pracy kopalni odkrywkowej skały nadkładu lokuje się na specjalnych powierzchniach w postaci zwałów, które mają kształt stożków, grzbietów, wyniesień płaskich, a także występują w innej postaci. Masa nagromadzonych na zwałach skał wynosi dziesiątki milionów

ton. Ciężar tego materiału powoduje obniżanie się powierzchni, na której został zgromadzony, oraz wypiętrzenie części podstawy (spągu) poza granicę zwał. To doprowadza do powstania bagnisk wokół zwał, deformacji elementów infrastruktury (budynków, dróg, rurociągów, energetycznych linii zasilających itp.), które rozmieszczone są w pobliżu zwałów. Z dotychczasowych obserwacji wynika, że negatywne zjawiska odkształcenia spągu były rejestrowane w odległości do 100 m od zwałów (rys. 2).



Rys. 2. Schemat negatywnego wpływu zwałowiska skał: 1 – profil zdeformowanej powierzchni; 2 – bagnaista część powierzchni; 3 – zwałowisko skał; 4 – źródło samozagrzewania lub pożaru; 5 – zdeformowana droga pojazdów samochodowych; 6 – pierwotny poziom powierzchni

Masa zwałowanych skał składa się z minerałów zawierających znaczną ilość węgla, siarki, fosforu, żelaza i innych pierwiastków, które w obecności wody reagują z tlenem atmosferycznym. Są to reakcje egzotermiczne, związane z wydzielaniem ciepła. W procesie tym swój udział mają bakterie, które żywiąc się pirytem, wytwarzają siarkę elementarną. Siarka ta intensywnie rozpala się i przy wzajemnym oddziaływaniu z wilgocią tworzy pary skoncentrowanego kwasu siarkowego. Czynniki te doprowadzają do powstania na powierzchni zwałów źródeł samonagrzewania i samozapłonu, zaś obecność tych ognisk wywołuje zachwianie gazowego i cieplnego stanu ekosystemu kopalni odkrywkowej.

Temperatura górotworu na głębokości realizacji robót eksploatacyjnych jest kilka stopni wyższa aniżeli średnia roczna na powierzchni. Taka różnica temperatur określa zmianę porządku cieplnego i wywołuje klimatyczne zaburzenia ekosystemu.

Wykonanie wyrobisk (półwykopów, pięt, otworów itd.) zaburza ciekły wód powierzchniowych i podziemnych, powodując zmianę ich przepływu w kierunku wyrobiska kopalni odkrywkowej. W celu ich przekierowania od wyrobisk górniczych wykonuje się specjalne kanały i wykopy, a to powoduje istotne zmiany w ekosystemie.

3. TECHNOLOGICZNE PROCESY EKSPLOATACJI WĘGLA PODZIEMNYM

Przy podziemnej eksploatacji złóż powierzchniowe granice obszaru górniczego i terenów kopalnianych nie pokrywają się. Obszar kopalni obejmuje powierzchnię szybów, szybików poszukiwawczych, terenów przemysłowych, zwałów itd. Do tego należy dodać drogi i linie kolejowe dla obsługi kopalni.

Na tym terenie i w jego pobliżu degradacji lub całkowitemu zniszczeniu ulega tło (podstawa) bioty. Poddane wpływom eksploatacji obiekty technosfery wymagają remontu lub przeniesienia na inne miejsce. Wyszczególnić w tym kontekście należy negatywną rolę zjawiska podbierania robotami górniczymi obiektów na powierzchni, które występuje poza granicami terenu kopalni, na terenie górniczym [5].

Wpływ wyrobisk podziemnych na krajobraz przejawia się wystąpieniem na powierzchni ziemi:

- zwałów skały z udostępnienia i odpadowej;
- zbiorników odpadów flotacyjnych i szlamów, w których gromadzą się odpady skał, pozostające po wzbogaceniu rud;
- różnego rodzaju zapadlisk i wgłębień, różniących się kształtem i głębokością.

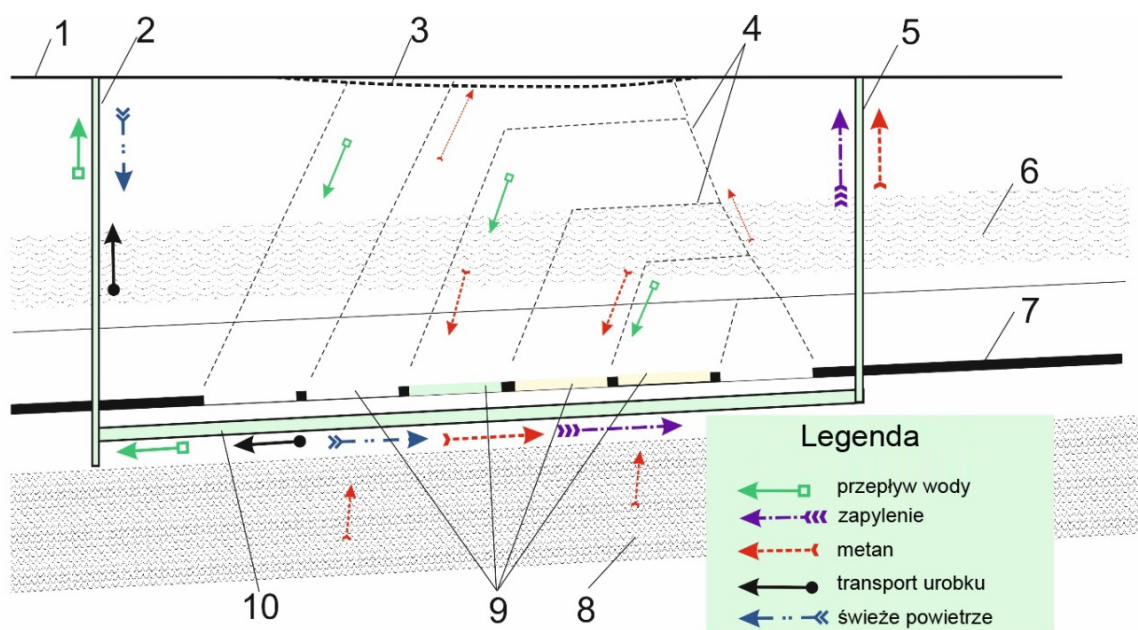
Zapadliska i wgłębienia powstające na powierzchni ziemi w wyniku zawału stropu wyrobisk górniczych, które określa się w zależności od głębokości eksploatacji, objętości wydobytych ze złoża skał i rudy, geometrii złoża rudy lub pokładów węgla, mogą się różnić względem kształtu i wielkości rozmiarów, a mianowicie:

- osiadania o charakterze nieckowym (wgłębienia) powstają po eksploatacji złóż pokładowych średniej (1,5-3 m) i większej miąższości, poziomego, siodłowego albo słabo nachylonego zalegania. Niecki osiadań górotworu znajdują się w strefie ugięcia stropu. Przy dużej grubości i stromym nachyleniu pokładu możliwe jest tworzenie się nieckopodobnych tarasowanych wgłębień – osiadania nieckowe w tym przypadku będą skierowane do strefy ugięcia lub zawału (rys. 3);
- zapadliska kominowe (kanionowe) powstają nad zrobami grubych słabo nachylonych lub stromo nachylonych złóż, nieckowe osiadania w tych uwarunkowaniach zawsze znajdują się w strefie zawału;
- zapadliska o kształcie koła mogą powstawać w miejscu eksploatacji stromo zalegających złóż.

Obnażone skały w krawędziach ugięcia, powierzchnie hałd, zbiorniki i osadniki szlamów często stają się źródłem zapylenia, a przy eksploatacji surowców energetycznych wraz z pyłem i dymem do powietrza mogą się przedostać fitotoksyczne składniki. Mogą one pojawić się w wodach gruntowych,

które formują swój skład chemiczny w nieckach osiadania i skałach zwałowych. W ten sposób, oprócz wpływu na ukształtowanie powierzchni ziemi, wyrobiska podziemne mogą również doprowadzać do zanieczyszczenia powierzchni żyznych gleb, roślinności i wód podziemnych.

Rozmiary i kształt zwałów określa się w odniesieniu do kilku czynników, w szczególności – technologii wybierania złoża i tworzenia zwałów. W najprostszym przypadku, przy wykorzystaniu wagoników i skipów, usypuje się zwały stożkowe (hałdy), przy wykorzystaniu transportu samochodowego i kolejowego – wyniesienia płaskie i grzbietowe, a przy dużej ilości skały składowanej powstają zwałowiska piętrowe o kształcie platform tarasowanych. Zbiorniki odpadów flotacyjnych i szlamów zakładów przerobczych, górniczo-przerobczych kombinatów i przedsiębiorstw energetycznych (elektrownie, ciepłownie, elektrociepłownie), zapewniających zasadniczą produkcję, lokalizuje się zwykle w pobliżu obniżen terenu, stopniowo wypełniając je i tworząc tym samym płaskie lub słabo nachylone powierzchnie. Przy wykorzystaniu wałów wygradzających zbiorniki odpadów flotacyjnych oraz szlamów mogą być wyniesione ponad powierzchnię ziemi. Wówczas mają postać płaskiego wyniesienia, ograniczonego zboczami, których krzywizna określana jest zwykle kątem naturalnego usypu skał, z których uformowany jest wał.



Rys. 3. Schemat procesu technologicznego wydobywania węgla sposobem podziemnym: 1 – powierzchnia ziemi; 2 – szyb wdechowy; 3 – niecka osiadania, 4 – płaszczyzny przekroju górotworu nienaruszonego; 5 – szyb wentylacyjny; 6 – metanonośne piaskowce w stropie pokładu; 7 – pokład węgla; 8 – metanonośne piaskowce w spągu pokładu; 9 – zrobry ścianowe; 10 – wyrobisko magistralne

Charakter negatywnego wpływu zwałów skalnych na środowisko naturalne jest w zasadzie podobny do tego, który obserwuje się przy odkrywkowych sposobach wydobywania złóż, i sprowadza się do takich zjawisk, jak:

- palenie się skał i emisji znacznych ilości gazów toksycznych i cieplarnianych;
- zmywanie pod wpływem opadów atmosferycznych ze zwałów substancji płynnych zawierających węgiel i zanieczyszczenie fenolami wód powierzchniowych, a także gruntowych;
- unoszenie się znacznych ilości niskoradioaktywnego pyłu ze zwałów palących się skał przy erozji wietrznej;
- rozprzestrzenianie się obłoków gorącego pyłu na znaczne odległości, powodujących, że w promieniu ponad 400 m zwęglaniu ulegają liście na drzewach;
- wskutek dużych obciążeń podłoża gruntowego masami zwałowanej skały następuje jego wyciskanie spod zwałów i tworzenie się wałów ziemnych, deformujących usytuowane w pobliżu linie kolejowe i drogi, rurociągi, linie zasilające energią elektryczną, budynki i obiekty (wpływy przemieszczeń podłoża gruntowego zarejestrowano na odległości ponad 100 m od podstawy hałd);
- zwiększona wilgotność skał zwałowanych skutkuje osuwiskami i wywołuje potoki błotne;
- w okresie suchej i słonecznej pogody często następują osuwiska skał na zboczach zwałowisk, co związane jest ze zmianą właściwości fizyko-mechanicznych ośrodka przy jego wysychaniu;
- zanieczyszczenie złóż odpadami produkcyjnymi – w wyniku wykonywania robót górniczych pod ziemią pozostają znaczne ilości metalu, produktów naftowych, produktów wybuchów, drewna itd.;
- drażnienie wyrobisk górniczych doprowadza do naruszenia ciągłości górotworu i zmiany porządku hydrogeologicznego wód powierzchniowych i podziemnych – wody te kierują się w wyrobiska, zagrażając ich podtopieniem;
- operacje technologiczne, związane z urabianiem węgla i skał, załadunkiem ich, transportem i składowaniem skały na zwałach, generują pył, to z kolei istotnie pogarsza stan atmosfery w ekosystemie;
- ze skał karbońskich podczas robót eksploatacyjnych wydzielona została znaczna ilość gazów cieplarnianych, które zasadniczo składają się z metanu i dwutlenku węgla;
- kopalniane kotłownie, koherencyjne elektrownie, pompy próżniowe i inne stacjonarne urzą-

dzenia są źródłem emisji do atmosfery gazów cieplarnianych i trujących;

- praca wentylatorów głównego przewietrzania jest źródłem znacznych szumów (hałasu), które przekraczają dopuszczalne (sanitarne) normy;
- powierzchnia zwału jest źródłem podwyższonego tła radiacyjnego.

Przedstawione wyżej wyliczenie pokazuje, że skala zanieczyszczenia zasadniczych składników, powstającego w wyniku podziemnego sposobu wydobywania, jest podobna do tej, jaką generuje sposób odkrywkowy, a w niektórych przypadkach nawet ją przekracza.

4. TECHNOLOGICZNE PROCESY WYDOBYCIA NOŚNIKÓW ENERGII SPOSOBEM OTWOROWYM

Technologia wydobywania nośników energii sposobem otworowym wymaga przygotowania pól wiertniczych – wybudowania platform, dróg, zbiorników dla cieczy i szlamów wiertniczych oraz innych tego typu obiektów. Przy eksploatacji złoża niezbędna jest budowa rurociągów przesyłowych, a to z kolei przyczynia się do zajęcia znacznych zasobów gruntów pod tereny przemysłowe i magazynowania szlamów (rys. 4).

Otworowej eksploatacji gazu oraz innych kopalin towarzyszą takie negatywne zjawiska, jak: emisje spalin wskutek pracy silników wewnętrznego spalania, awaryjne emisje gazów przy udostępnieniu pokładu lub pożarach, degradacja podstawowej bioty, zaburzenie tła technosfery, emisje ciepłe, szumowe zanieczyszczenie czy przekroczenie tła radiacji. Aktualnie dobrym rozwiązaniem neutralizującym ich wpływ jest stosowanie odwiertów kierunkowych, co pozwala zmniejszyć liczbę odwiertów pionowych i ograniczyć ten rodzaj negatywnego oddziaływania.

Tradycyjny sposób wydobywania metanu wymaga wiercenia pionowych otworów do głębokości pokładów, gdzie instaluje się pompę głębinową dla ich odwodnienia. Po odpompowaniu wody następuje wydobywanie metanu. Ukierunkowane otwory zapewniają równocześnie drenaż wody i transport metanu. Jedno poziome odgałęzienie takiego otworu jest zdolne zapewnić dostęp do parceli o powierzchni siedem razy większej niż w przypadku otworu zwykłego. Jednakże obecność znacznej rozległości sieci otworów może doprowadzić do istotnej zmiany porządku hydrogeologicznego wód podziemnych i powierzchniowych. Upływy płuczek wiertniczych i roztworów z procesów krakingu wpływają również na stan wód powierzchniowych.



Rys. 4. Typowy widok obszaru, na którym wydobywa się gaz

Aktualnie wierce się pionowe otwory degazacyjne w górotworze karbońskim według technologii tradycyjnej i wiercenia kierunkowego. Jeden taki otwór kierunkowy wywiercony w zagłębiu San Juan (Colorado, USA) drenuje prawie siedem razy więcej metanu z nienaruszonych pokładów, niż wydobywa się średnio z tradycyjnego otworu pionowego. Szacuje się, że w zagłębiu tym z otworów rozgałęzionych (kierunkowych), z pokładów węgla, można pozyskać 50-75% całkowitych zasobów metanu, a więc o wiele więcej, aniżeli wynosi efektywność, którą uzyskuje się zwykłymi sposobami degazacji. Prócz tego technologia wiercenia kierunkowego pozwala istotnie zmniejszyć liczbę parcel przeznaczonych do wierceń na powierzchni i odpowiednio zmniejszyć sieć infrastruktury.

Sieć poziomych odcinków otworów kierunkowych, w których wykonuje się kraking, wywołuje zmianę stanu naprężeniowo-odkształceniowego w znacznej objętości górotworu. W wyniku tego w stan wolny przechodzi znaczna masa metanu. Czas dyfuzji całej ilości gazu z bloków górotworu określa się na od kilku minut do kilkudziesięciu lat. Drugi parametr znacznie przewyższa okres funkcjonowania otworów roboczych. Resztkowy metan wolny stopniowo migruje ku powierzchni, znajdując szczeliny i pustki, w tym również zaburzenia geologiczne górotworu. Na powierzchni metan ten pojawi się za kilka, a może i dziesiątki lat. W analogicznych warunkach w kopalniach węgla kamiennego metan ten stwarza stężenia wybuchowe, a także niszczy biotę na powierzchni.

Decydującym czynnikiem w pozyskaniu metanu z pokładów węgla jest przenikalność masywu,

która rozumiana jest jako kombinacja jego naturalnej mikroporowatości i porowatości, spowodowanych kłiważem (naturalnym rozwarstwieniem węgla). Wykorzystanie nowoczesnych technologii wydobywania gazu ze skał osadowych pozwala zmniejszyć rozmiary zbiorników mułów (szlamów) oraz płuczek wiertniczych i uzyskać kompaktowe powierzchnie robocze wiertni.

Aby wytworzyć lub zwiększyć szczeliny, ciecz z wypełniaczem włacza się do pokładu ze stopniowym zwiększaniem prędkości i ciśnienia. Ostatecznie pokład węgla nie jest w stanie przyjąć tak szybko, jak jest właczana, tworząc szczeliny cieczy. Kiedy to następuje, ciśnienie jest wystarczająco duże, aby pokład węgla rozwarstwiało się wzdłuż istniejących osłabionych stref. Wraz ze szczelinotwórczą cieczą w szczeliny przedostaje się piasek (lub jakiś inny wypełniacz-rozpieracz) i pozostają one otwarte po zdjęciu ciśnienia. Tego rodzaju stymulacja otworów za pomocą hydroszczelinowania pokładów zwiększa drenaż metanu od 5 do 20 razy.

Uzyskana z otworów woda podziemna jest włączana w izolowane podziemne formacje albo wykorzystywana do celów irygacyjnych. Woda ta zawiera zwykle kwaśny węglan sodu i chlorki. Możliwe jest również zanieczyszczenie złoża pozostałościami cieczy-roztworów po krakingu. Roztwory te zawierają wiele substancji organicznych i nieorganicznych, przy czym występowanie w nich składowych benzolu i fenolu, obecność chlorków i tlenu, a także obecność wysokiej temperatury i ciśnienia pozwala wysunąć hipotezę o powstawaniu dioksyn w miejscu hydroszczelinowania górotworu.

Głębokość zalegania pokładów gazowych określa nie tylko jakość i zawartość metanu, ale również wpływa na jego koszty pozyskania. Przykładowo, przy płytkim zaleganiu pokładów (poniżej 300 m) gaz w procesie tworzenia się struktury geologicznej może być utracony wskutek ucieczek, dopóki węgiel nie pokryła wystarczająco nieprzenikliwa warstwa skalna. Z drugiej strony głębokość pokładów gazowych wpływa na koszty wiercenia otworów z powierzchni, którymi realizuje się drenaż metanu.

Poziom negatywnego oddziaływania różnych metod wydobycia nośników energii na składniki biosfery ocenić można – w sposób najbardziej pogładowy, uwzględniający ich cechy jakościowe – przy użyciu tabeli 1 [1-4]. W tabeli tej dla każdego sposobu wydobycia nośników energii zamieszczono rodzaje jego negatywnego wpływu na składniki biosfery (litosferę, hydrosferę itd.), jak również przedstawiono trzy podstawowe parametry tego wpływu, a mianowicie jego charakter, rozmiar i czasokres.

Tabela 1.

Ocena jakościowa wpływu różnych rodzajów nośników energii na składowe biosfery

Składnik biosfery	Wskaźnik wpływu			Sposób wydobycia nośnika energii		
	charakter	rozmiar	czasokres	odkrywkowy	podziemny	otwory
<i>Litosfera</i>	Zajęcie znacznych powierzchni pod teren zakładu	Powierzchnia terenu zakładu	Okres funkcjonowania zakładu	+	+	+
	Naruszenie krajobrazu			+	+	+
	Zabłocenie powierzchni w pobliżu zwałów zewnętrznych	Powierzchnia mechanicznej strefy ochronnej	Do rekultywacji zwał	+	+	-
	Zanieczyszczenie zróbów złóż odpadami przemysłowymi	Powierzchnia zróbów	Na zawsze	-	+	+
<i>Hydrosfera</i>	Zmiany hydro-geologicznego reżymu wód	Powierzchnia terenu górniczego	Okres funkcjonowania zakładu	+	+	+
	Pogorszenie wskutek zrzutów jakości wód bieżących	Objętość zrzutów		+	+	+
	Zanieczyszczenie wód powierzchniowych roztworami po krakingu	Objętość wydobytych roztworów po krakingu	Do przetworzenia roztworów	-	-	+
	Zanieczyszczenie złóż resztkami roztworów po krakingu	Objętość pozostawionych roztworów po krakingu	Na zawsze	-	-	+
<i>Atmosfera</i>	Powstanie pyłu przy urabianiu węgla, transporcie, przeróbce i składowaniu	1-2% masy urobku	Okres funkcjonowania zakładu	+	+	+
	Awaryjne wydzielanie gazów przy pożarach	Proporcjonalnie do objętości spalanej	Do likwidacji pożaru	+	+	+
	Emisja mobilnych źródeł	Zużycie paliwa	Okres funkcjonowania zakładu	+	+	-
	Emisja źródeł stacjonarnych	W granicach stref ochronno-sanitarnych od źródeł emisji		+	+	-
	Wydzielanie gazów cieplarnianych z pokładu	Proporcjonalnie do wielkości wydobycia węgla	Okres funkcjonowania zakładu	+	+	-
	Awaryjne emisje ze zwałów skalnych	Proporcjonalnie do powierzchni ognisk palenia się	Do likwidacji pożaru na zwale	+	+	-
<i>Biota</i>	Degradacja pierwotnej bioty	Powierzchnia stref ochronno-sanitarnych	Okres funkcjonowania zakładu	+	+	+
<i>Noosfera</i>	Zaburzenia tła technosfery	Teren zakładu przemysłowego		+	+	+
	Sejsmiczne uszkodzenia obiektów technosfery	W strefie propagacji drgań od wybuchów		+	+	+
<i>Pola fizyczne</i>	Podwyższenie radiacyjnego tła	Powierzchnia zwał i poziom radiacji		+	+	+
	Szumowe zanieczyszczenia	Poziom szumu		+	+	+
	Ciepłne emisje	Temperatura gazów i objętość urobku		+	+	+

Takie podejście pozwala przedstawić skalę negatywnego oddziaływania każdego sposobu wydobycia i ocenić poszczególne aspekty zaburzenia środowiska naturalnego przy różnych technologiach wydobycia nośników energii. Na tej podstawie nietrudno przejść do ilościowej oceny wpływu ludzkiej działalności na środowisko naturalne.

Ważnym momentem analizy jest to, że pojawiają się możliwości zarządzania ryzykiem ekologicznym, powstającym w procesie realizacji robót górniczych, a także rodzą się kierunki badań naukowych zmierzające do poprawy stanu biosfery.

W oparciu o wskaźniki zawarte w tabeli 1. zauważyć można, że największe negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne występuje przy wydobyciu nośników energii sposobem podziemnym, po nim – następne według poziomu zanieczyszczenia – występuje wydobycie metodą odkrywkową i na końcu – wydobycie nośników energii metodą otworową. Otworowe technologie doskonalone są poprzez unowocześnianie robót wiertniczych (przede wszystkim wiercenia kierunkowego), wykorzystanie bezpiecznych płuczek do wierceń i krakingu, prowadzenie aktywnych, szybkich robót itp. Zapewnia to minimalną ilość odpadów stałych, w małej skali i na niedługi okres.

5. WNIOSKI

Według danych z początku wieku znaczna część kopalń węgla na Ukrainie znajduje się w złym stanie z punktu widzenia rentowności. Koszty własne krajowego węgla, a także awaryjność i wypadkowość są tu jednymi z najwyższych w świecie. Poprawienie sytuacji jest możliwe poprzez kompleksowe wykorzystanie zasobów kopalń, związane z przetworzeniem w produkt nie tylko węgla, ale i urobku, zawierającego skałę płoną, wilgoć oraz składniki w stanie gazowym.

Poszukiwana w kopalni skała płonna stanowi od jednej trzeciej do połowy transportowanego strumienia urobku. Racjonalnym sposobem jej wykorzystania jest pozostawienie jej w kopalni w charakterze materiału do obudowy lub jako dodatek do mieszanin budowlanych dla budowy dróg itp. W Donbasie, gdzie wody jest pięciokrotnie mniej niż średnio na Ukrainie, wskazanym jest doprowadzenie zrzutów wód kopalnianych do takiej postaci, aby mogły być wykorzystywane do celów technicznych i nawadniających. Statystyka pokazuje, że na jedną tonę wydobytej kopaliny przypadają ponad trzy metry sześciennego wody kopalnianej.

Dobrym przyszłościowym rozwiązaniem jest wykorzystanie geotermalnej energii tak na potrzeby kopalni, jak i dla zaopatrzenia zewnętrznych użytkowników. Zaletą tego nośnika energii jest to, że nie jest on obciążony podatkiem, a jego zapasy są praktycznie niewyczerpalne – określane czasem funkcjonowania wyrobisk, przez które przemieszcza się nośnik ciepła.

Najbardziej korzystnym jest przejście na eksploatację złóż karbońskich, jako węglowo-gazowych, czyli równoległe wydobycie zarówno metanu, jak i węgla. Według różnych ocen w złożach Donbasu skupione jest w stanie związanym od 12 do 25 trylionów m³ gazu. Obecnie w najlepszym przypadku wykorzystuje się 20-25% metanu znajdującego się w górotworze i przechodzącego w stan wolny w obszarze wykonywania robót górniczych. Zwiększenie objętości utylizowanego gazu, przetwarzanego na energię elektryczną i ciepło, pozwoli obniżyć koszt węgla handlowego, zwiększyć bezpieczeństwo podziemnych robót i poprawić ekologiczne uwarunkowania sanitarno-ochronnych stref kopalń.

Stabilna, bezpieczna i ekonomicznie uzasadniona praca kopalń węgla może istotnie poprawić sytuację na wewnętrznym energetycznym rynku Ukrainy, co pozwoliłoby podnieść wskaźniki niezależności od importu nośników energii. We współczesnych warunkach jest to problematyczne, ale w dalszej perspektywie rozwiązanie tegoż problemu jest niezbędne i dlatego już teraz trzeba opracowywać strategię wprowadzania takich pomysłów.

Problem wydobycia węgla brunatnego sposobem odkrywkowym w chwili obecnej pozostaje nierozwiązany. Kopalnie odkrywkowe przedsiębiorstwa państwowego „Aleksandrijaugol” nie prowadzą wydobycia, a znaczna część unikalnego, przestarzałego wyposażenia została zlikwidowana. Większość kopalń odkrywkowych w procesie rekultywacji została przekształcona w zbiorniki wodne, a technologii produkcji paliwa płynnego, które były wykorzystywane w Niemczech pod koniec II wojny światowej, czy w RPA w okresie ostatnich czterech dziesięcioleci, niestety, dotychczas na Ukrainie nie opanowano. Bez znacznych inwestycji nie należy oczekiwać szybkiego odrodzenia w tej dziedzinie.

Za najbardziej niezawodną, bliską perspektywę własnego energetycznego zabezpieczenia się Ukrainy można uważać otworową technologię wydobycia ropy naftowej i gazu. Technologia ta zapewnia najmniejsze i poddające się zarządzaniu ryzyko ekologiczne. Zwiększenie przemysłowych zasobów gazu uwzględniających nagromadzenia w piaskowcach i łupkach jest nader realne. Wydobycie metanu kopalnianego równoległe z wydobyciem węgla, jak

wykazuje doświadczenie kopalni im. A.F. Zasadko, jest najbardziej perspektywnym kierunkiem ekologicznie bezpiecznego wykorzystania złóż Ukrainy. Wdrożenie nowoczesnych technologicznych rozwiązań, takich jak wielonitkowe „wiązki” otworów kierunkowych, kraking, depresjonowanie otworów, zapewnia kilkukrotne zwiększenie ilości wydobywanego gazu przy dostatecznym poziomie bezpieczeństwa, w tym również ekologicznego.

Literatura

1. Ekologiczeskije problemy gornowo proizwodctwa, pierierabotka i razmieszczeniye otchodow, 1995
2. Kołokołow O., Chomienko N.: Ochrana okrużajuszcziej sriedy pri podziemnoj razrabotkie miestorożdijenij polieznich iskopajemych. Donieck, 1986.

3. Mirzajew G., Iwanow B.: Ekologija gornowo proizwodctwa. Niedra, 1991.
4. Piewznier M., Kostowieckij W.: Ekologija gornowo proizwodctwa. Niedra, 1990.
5. Wowk O., Isaenko W., Krawiec W., Wowk O.: Wpliw pidziemnich robot na stan dowkillia. Wyd. Ministerstwa Nauki i Sportu Młodzieży na Ukrainie, 2011.

prof., d.t.n. W. KOSTENKO
Doniecki Narodowy Uniwersytet Techniczny,
Ministerstwa Nauczania i Nauki Ukrainy

doc., k.t.n. T. KOSTENKO
Czerkaski Instytut Bezpieczeństwa Pożarowego im.
Bohaterów Czernobyla,
Narodowego Uniwersytetu Obrony Cywilnej Ukrainy