

Stanisław Dubiel\*, Agata Matyasik\*\*, Jan Ziaja\*

## SYSTEMATYKA WPŁYWÓW GÓRNICTWĄ ROPY NAFTOWEJ I GAZU ZIEMNEGO NA ŚRODOWISKO NATURALNE\*\*\*

### 1. WSTĘP

Historia górnictwa naftowego w Polsce rozpoczyna się od pionierskich osiągnięć Ignacego Łukasiewicza pod koniec XIX wieku (1854 r.), kiedy powstała pierwsza polska kopalnia ropy w Bóbrce k. Krosna. Pierwszy polski zakład destylacji ropy naftowej powstał w 1856 r. w Ułaszowicach koło Jasła (dzisiaj w granicach miasta), natomiast jedna z najstarszych rafinerii na świecie z 1884 znajduje się w Gorlicach [21].

W okresie około 150-letniej historii górnictwa naftowego w Polsce odkryto dziesiątki zasobnych złóż gazu ziemnego i ropy naftowej, które sukcesywnie eksploatowano dla potrzeb gospodarki narodowej.

Działalność górnictwa naftowego obejmuje następujące procesy [9,12,13,19, 20]:

- poszukiwanie pułapek węglowodorów metodami geofizycznymi,
- dowiercanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów otworami poszukiwawczymi,
- opróbowanie złóż węglowodorów w procesie wiercenia i po ukończeniu wiercenia otworów poszukiwawczych oraz testowanie odwiertów,
- udostępnianie i eksploatacja złóż węglowodorów otworami eksploatacyjnymi (produkcyjnymi),
- zagospodarowanie kopalń ropy naftowej i gazu ziemnego,
- procesy oczyszczania i dystrybucja ropy naftowej i gazu ziemnego,
- intensyfikacja wydobywania węglowodorów (np. kwasowanie lub hydrauliczne szczelinowanie skał zbiornikowych),
- wtórne metody eksploatacji (np. nagazowanie lub nawadnianie złoża węglowodorów, stosowanie biotechnologii),
- rekonstrukcja odwiertów eksploatacyjnych,
- składowanie odpadów ciekłych w wyeksploatowanych złożach węglowodorów,
- likwidacja pojedynczych odwiertów nieprodukcyjnych względnie likwidacja kopalni ropy naftowej lub gazu ziemnego.

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Doktorantka Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\*\* Praca wykonana w ramach badań statutowych

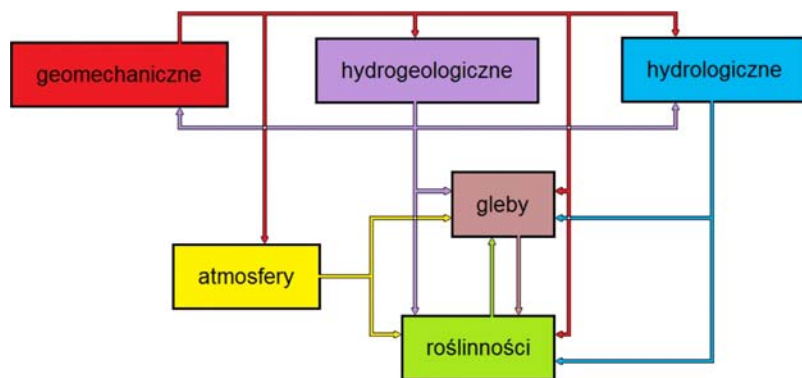
## 2. RODZAJE I PRZYCZYNY PRZEKSZTAŁCEŃ ŚRODOWISKA NA TERENACH NAFTOWYCH

Na terenach działalności górnictwa naftowego, w przebiegu każdego z etapów postępowania, wyodrębnić można wpływ na praktycznie wszystkie komponenty środowiska, takie jak ukształtowanie terenu, stosunki wodne, atmosfera, a także gleba i roślinność. W przypadku złóż pod dnem morskim, zmiany dotyczą środowiska morskiego, czyli ukształtowania dna morskiego oraz jakości wody i powietrza. Każde z tych oddziaływań na środowisko może powodować jego negatywne przekształcenia. Zakres tych przekształceń regulują odpowiednie przepisy prawne [14,15,16].

Wyróżnić można następujące rodzaje przekształceń środowiska przyrodniczego:

- geomechaniczne,
- hydrogeologiczne,
- hydrologiczne,
- atmosfery,
- gruntów i gleb;
- szaty roślinnej,
- środowiska morskiego.

Każde z tych przekształceń może powstawać bezpośrednio w wyniku działalności górniczej, ale także zmiany w jednym z komponentów środowiskowych mogą za sobą ciągnąć skutki w innych. Wzajemne oddziaływania poszczególnych zmian środowiskowych przedstawiono schematycznie na rysunku 1.



Rys 1. Wzajemne zależności pomiędzy poszczególnymi przekształceniami środowiska wynikającymi z działalności górnictwa węglowodorów

### 2.1. Przekształcenia geomechaniczne

Przekształcenia geomechaniczne są to zmiany związane z charakterystyką górotworu, zarówno pod ziemią, jak i na jej powierzchni. Przeobrażeniami bezpośrednio powodowanymi przez górnictwo naftowe są głównie zmiany ukształtowania powierzchni terenu. Związane są one z zagospodarowaniem terenu kopalń, ze składowaniem zwiercin i odpadów ponaftowych (np. doły urobkowe) oraz rur, narzędzi i materiałów technologicznych.

Bardziej zróżnicowany wpływ na górotwór mogą mieć pozarurowe erupcje płynów złożowych oraz intensyfikacja i wtórne metody wydobywania węglowodorów. W wyniku tych działań mogą powstać wymyte leje i rowy przyotworowe oraz spękania górotworu. Przekształcenia te mogą powstać również jako wynik negatywnego oddziaływania wód podziemnych spowodowanego wydobyciem węglowodorów.

Przekształcenia geomechaniczne mają wpływ na inne komponenty środowiska, między innymi powodując zmiany w stosunkach wodnych lub w jakości gleb czy szacie roślinnej. W wyniku gwałtownych zmian w ukształtowaniu terenu może dochodzić także do zanieczyszczenia atmosfery szkodliwymi substancjami i pyłami.

## 2.2. Przekształcenia środowiska wodnego

*Przekształcenia hydrogeologiczne* polegają na zmianie jakościowej i ilościowej wód podziemnych, a także w jej położeniu i dynamice przemieszczeń. Najczęściej są to zanieczyszczenia związkami szkodliwymi, w tym węglowodorami. Są one skutkiem stosowania płuczek wiertniczych, występowania podziemnych erupcji węglowodorów w warstwy wodonośne oraz stosowania zabiegów intensyfikacji wydobywania węglowodorów, a także składowania zwiercin, odpadów i materiałów technologicznych. Przekształcenia hydrogeologiczne mogą być także wynikiem zmian zachodzących w górotworze w obrębie warstw wodonośnych.

Charakterystyka wód podziemnych może mieć wpływ na większość składowych środowiska, takich jak: morfologia terenu, wody powierzchniowe, nawodnienia gruntów z przez to na warunki wegetacji roślin.

*Przekształcenia hydrologiczne* są to zmiany w położeniu i charakterze przepływu wód powierzchniowych, a także zanieczyszczenia tych wód związkami szkodliwymi. Powstają one w wyniku zrzutów płynów złożowych i technologicznych do ziemnych dołów urobkowych oraz dołów odstożnikowych i ścieków kopalnianych związanych z eksploatacją złóż węglowodorów. Ponadto, są one spowodowane spływem zanieczyszczonych wód opadowych ze składowisk odpadów naftowych i materiałów technologicznych. Mogą także być wynikiem przekształceń geomechanicznych i hydrogeologicznych.

Zmiany w stosunkach wodnych na powierzchni terenu mogą powodować zatopienie lub przeciwnie – wysuszenie, roślinności i pokrywy glebowej.

## 2.3. Przekształcenia atmosfery

Przekształcenia atmosfery sprowadzają się do zanieczyszczenia powietrza pyłami i gazami, powstającymi w trakcie pracy silników spalinowych i kotłowni, a także transportu, budowy rurociągów oraz składowania odpadów i materiałów technologicznych (np. do chemicznej obróbki płuczek wiertniczych oraz złóż węglowodorów). Największe zagrożenie dla atmosfery niosą otwarte (rozwinęte) erupcje węglowodorów z otworów naftowych lub erupcje pozarurowe oraz pożary naftowe kontrolowane i niekontrolowane, a ponadto syfonowanie odwiertów gazowych. Szczególnymi, szkodliwymi efektami powyższych działań i zdarzeń, przenoszonymi przez powietrze (oprócz zanieczyszczeń) jest hałas oraz światło i zmiany temperatury.

Opad zanieczyszczeń z atmosfery na rośliny i glebę może powodować ich degradację.

## **2.4. Przekształcenia gleb**

Przekształcenia gleb polegają na zmianie ich składu mechanicznego i chemicznego oraz zmianie stosunków wodnych w glebie. Mogą powstawać bezpośrednio w wyniku działań związanych z wydobywaniem węglowodorów, lub na skutek przekształceń geomechanicznych, hydrogeologicznych, hydrologicznych i zanieczyszczeń powietrza.

## **2.5. Przekształcenia szaty roślinnej**

Przekształcenia szaty roślinnej to przede wszystkim pogorszenie warunków rozwoju roślin lub całkowite uniemożliwienie jej wegetacji i zanik szaty roślinnej, ale także zmiany w gatunkach roślin porastających dane tereny.

Podobnie jak przekształcenia gleb, negatywne oddziaływania na roślinność są efektem działania w sposób bezpośredni lub pośredni, wywołujący zmiany w innych komponentach środowiska. Mogą być konsekwencją przekształceń gleb, opadu zanieczyszczeń z powietrza, zmian morfologii terenu, jednak największy wpływ na roślinność mają zmiany ilościowe i jakościowe zachodzące w zasobach wodnych na danym obszarze, a więc wynikające z przekształceń hydrologicznych i hydrogeologicznych.

## **2.6. Przekształcenia środowiska morskiego**

Na przekształcenia środowiska morskiego składają się zmiany w ukształtowaniu dna morskiego, zanieczyszczenia wód i powietrza. Mogą one przybrać bardzo duże rozmiary i katastrofalne konsekwencje zwłaszcza podczas erupcji płynów złożowych i wycieku płuczki wiertniczej z odwiertów wykonanych z platform wiertniczych oraz w przypadkach awarii tankowców lub rurociągów z ropą i jej wycieku z nich.

## **3. CHARAKTERYSTYKA PRZYCZYNOWO-SKUTKOWA WYBRANYCH PRZEKSZTAŁCEŃ ŚRODOWISKA ROZPATRYWANYCH W WIERTNICTWIE NAFTOWYM**

W procesie wykonywania otworów naftowych, na lądzie lub na morzu, można wyróżnić podstawowe operacje technologiczne, w trakcie, których może nastąpić zanieczyszczenie środowiska naturalnego [2,3,7,8,9,10,11,20]:

- budowa dróg, transport oraz montaż i demontaż urządzeń wiertniczych oraz elementów zagospodarowania terenów wiertni,
- sporządzanie płuczki wiertniczej i regulacja jej parametrów oraz oczyszczanie ze zwiercin,
- głębinie, przerabianie i płukanie otworu oraz operacje dźwigowe przewodem wiertniczym,
- występowanie awarii i komplikacji wiertniczych oraz maszynowych,
- pomiary i próby w otworze na etapie dowiercania złoża,
- rurowanie oraz uszczelnianie kolumn rur okładzinowych zaczynem cementowym,;
- perforacja okładziny odwiertu,

- testy złożowe i otworowe,
- wywoływanie i uaktywnianie przyływu płynów złożowych do odwiertu,
- rekonstrukcja odwiertów (np. pod kątem ich wykorzystania w geotermii lub składowania odpadów ciekłych w starych złożach),
- likwidacja dolnego, negatywnego odcinka lub całego odwiertu [10].

Wszystkie z wymienionych operacji technologicznych mają wpływ, na co najmniej jedno lub kilka rodzajów przekształceń środowiska. Zestawienie przyczyn i skutków zmian w środowisku przedstawione zostało w tabeli 1.

**Tabela 1**

Zestawienie przyczyn i skutków zmian w środowisku naturalnym wynikających z prowadzenia prac wiertniczych

Rodzaj przekształcenia środowiska	Przyczyny zmian w środowisku	Skutki oddziaływania na środowisko
Przekształcenia geomechaniczne	Zagospodarowanie terenu (wiertnia, magazyny, drogi dojazdowe, infrastruktura socjalno-bytowa, itp.) Wiercenie otworu. Generowanie wibracji, detonacje materiałów wybuchowych np. przy uwalnianiu przychwyconego przewodu, lub perforacji. Pozarurowe lub wgłębne erupcje płynu złożowego. Ucieczki płuczki, szczelinowa skał. Intensyfikacja wydobywania. Składowanie odpadów i substancji niebezpiecznych.	Zmiany krajobrazu, deformacja powierzchni terenu. Naruszenie struktur geologicznych. Niekontrolowane przemieszczanie się płynu złożowego. Zaburzenie stosunków wodnych, Wytworzenie kawern podziemnych lub rowów i lejów na powierzchni ziemi. Zmiana składu powietrza glebowego, Zanieczyszczenie gleb i wód. Emisja substancji szkodliwych do atmosfery.
Przekształcenia środowiska wodnego	Zagospodarowanie terenu (wiertnia, magazyny, drogi dojazdowe, infrastruktura socjalno-bytowa, itp.) Wiercenie otworu. Pozarurowe lub wgłębne erupcje płynu złożowego. Ucieczki płuczki. Intensyfikacja wydobywania. Składowanie odpadów oraz substancji niebezpiecznych. Awaryjne pożary. Deponowanie odpadów wiertniczych i ścieków w dołach urobkowych. Zrzut płynów złożowych i technologicznych.	Zniszczenie urządzeń melioracyjnych. Zmiany poziomu oraz zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych. Zmiany jakości wód podziemnych spowodowane przepływem pomiędzy warstwami wodonośnymi. Powstawanie ścieków z dołów urobkowych i składowisk odpadów. Zaniki wód na skutek szczelinowania skał nieprzepuszczalnych.

Tabela 1 cd.

Przekształcenia atmosfery	<p>Awarie i pożary. Praca silników spalinowych. Erupeje gazu ziemnego. Funkcjonowanie kotłowni. Transport. Intensyfikacja wydobycia. Opróbowanie złóż. Rekonstrukcje odwiertów. Syfonowanie odwiertów.</p>	<p>Emisja hałasu. Podwyższenie temperatury powietrza. Emisja zanieczyszczeń i pyłów.</p>
Przekształcenia gleb i szaty roślinnej	<p>Zagospodarowanie terenu (wiertnia, magazyny, drogi dojazdowe, infrastruktura socjalno-bytowa, itp.) Wiercenie otworu. Funkcjonowanie wiertni. Sporządzanie płuczek, zaczynów cementowych i innych cieczy technologicznych. Niekontrolowany samowypływ płynów złożowych. Składowanie odpadów oraz substancji niebezpiecznych.</p>	<p>Zmiany krajobrazu, deformacja powierzchni terenu. Zniszczenie gleb i szaty roślinnej. Zanieczyszczenie powierzchni ziemi solankami, substancjami ropopochodnymi i chemicznymi. Zmiana stanu skupienia gleb i ich składu chemicznego. Zmiana rodzimej flory. Nadmierne zagęszczenie gleby na terenie wiertni.</p>
Przekształcenia środowiska morskiego	<p>Erupeje ropy i gazu oraz inne awarie wiertnicze lub maszynowe. Pożary naftowe. Awarie platformy wiertniczej, tankowców oraz rurociągów podmorskich.</p>	<p>Zmniejszenie nasłonecznienia wody morskiej poprzez pokrycie powierzchni ropą lub popiołami. Zanieczyszczenie wody morskiej substancjami chemicznymi i ropopochodnymi.</p>

### 3.1. Przekształcenia hydrologiczne i hydrogeologiczne

Przekształcenia hydrologiczne i hydrogeologiczne mogą przybierać duże rozmiary podczas wiercenia otworów naftowych, zwłaszcza w słabo rozpoznanych warunkach geologicznych.

Na tym etapie działalności górnictwa naftowego w szczególny sposób w układzie przyczynowo-skutkowym należy uwzględnić:

- a) stany awaryjne [5,6,7]:
  - erupcje otwarte lub wgłębne oraz pozarurowe i pozaodwiertowe płynów złożowych (gaz ziemny, ropa naftowa, woda złożowa),
  - częściowe zaniki i katastrofalne ucieczki płuczki;
- b) stany technologiczne [8,18]:
  - opróbowanie złóż ropy i gazu rurowym próbnikiem złoża (RPZ) i hydrodynamiczne testy odwiertów (HTO),
  - intensyfikacja przyływu płynu złożowego do odwiertu (metody EOR),
  - składowanie odpadów wiertniczych w dole urobkowym,

- zrzuty wody złożowej do cieków wodnych,
- wydobywanie gazu z łupków gazonośnych o niskiej przepuszczalności, poprzez ich szczelinowanie oraz rozpuszczanie.

Przekształcenia hydrologiczne występują głównie w formie zmian składu chemicznego i zanieczyszczenia mechanicznego wód powierzchniowych. Niekorzystne zmiany składu chemicznego i stopnia mineralizacji wód powierzchniowych, a także wzrost prędkości ich przepływów, spowodowane są zrzutami wód złożowych oraz ścieków, będących odpadami płynnymi powstałymi w stanach awaryjnych i technologicznych. Wody powierzchniowe zanieczyszczane są również poprzez spływ substancji szkodliwych ze składowania zwiercin i odpadów wiertniczych w dołach urobkowych oraz składowisk materiałów technologicznych, a także na skutek opadu pyłów zawartych w przekształconym powietrzu atmosferycznym (praca kotłowni i silników spalinowych, pożary naftowe). Również otwarte erupcje płuczki wiertniczej i wody złożowej rozpylonych w gazie ziemnym, prowadzą do zanieczyszczeń wód powierzchniowych znajdujących się w odległości kilkuset i więcej metrów od otworu erupcyjnego.

Względy ochrony środowiska oraz konieczność ograniczania zużycia wody w technologiach wiertniczych wymagają stosowania obiegów zamkniętych, w których woda zużyta zostaje zwrócona po oczyszczeniu z powrotem do procesu technologicznego. Zastosowanie zamkniętego obiegu wody technologicznej umożliwia znaczne ograniczenie zanieczyszczenia wód powierzchniowych ściekami. Również wykorzystanie wody technologicznej jako wody zarobowej do sporządzania zaczynu cementowego podczas uszczelniania rur okładzinowych może być jednym z rozwiązań prowadzących do minimalizacji zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych.

Powstające w wyniku procesów wiertniczych odpady stałe umieszczane są na składowiskach. Odpady półpłynne odprowadzane są do stawów osadowych, a odpady ciekłe (ścieki) po ewentualnym rozcieńczeniu czystą wodą, zrzucane są do wód powierzchniowych. Powoduje to ich zanieczyszczenie na skutek infiltracji w podłoże zmineralizowanych wód nadosadowych ze zbiorników odpadów półpłynnych (np. dołów urobkowych; ziemnych łapanek kopalnianych) oraz poprzez bezpośrednie wprowadzenie odpadów płynnych (np. wód złożowych) do cieków powierzchniowych [7, 8, 20].

Szczególne znaczenie mają przekształcenia hydrogeologiczne w wodach podziemnych nie przykrytych warstwami nieprzepuszczalnymi, czyli w wodach przypowierzchniowych glebowych i gruntowych. Stan i właściwości tych wód decydują bowiem o warunkach wegetacji roślin oraz o właściwościach podłoża budowlanego. Przekształcenia wód glebowych i gruntowych polegają na zmianach poziomu ich zwierciadła na skutek kontaktu hydraulicznego powstałego poza rurami odwiertu oraz na zanieczyszczeniu związkami szkodliwymi. W niektórych przypadkach zmiana poziomu wód glebowych lub gruntowych może spowodować podtopienie lub zawodnienie dużej powierzchni terenu.

Zanieczyszczenia mogą przedostawać się do wód glebowych i gruntowych ze składowisk urobku, odpadów i materiałów technologicznych poprzez wymywanie, ługowanie i infiltrację.

Również na skutek podziemnych erupcji gazu, ropy naftowej i wód złożowych do wód podziemnych, po przerwaniu ciągłości warstw nieprzepuszczalnych, a także na skutek przesiąkania tych płynów do gleby lub gruntu.

### 3.2. Przekształcenia atmosfery

Podczas wierceń naftowych największe zagrożenie dla atmosfery stanowią otwarte (rozwinęte) lub pozarurowe erupcje ropy lub gazu z otworów naftowych i towarzyszące im pożary naftowe kontrolowane i niekontrolowane, a ponadto, syfonowanie odwiertów gazowych poprzez próbnik złoża oraz spalanie go przy użyciu palników kominowych.

Szczególnymi, szkodliwymi efektami przekształceń powietrza podczas wierceń naftowych jest hałas oraz generowane światło i zmiany temperatury. Praca urządzeń wiertniczych podczas wykonywania otworów naftowych jest powodem emisji hałasu osiagających wartość ponad 100 dB [1]. Hałas podczas pracy silników oraz innych elementów urządzeń wiertniczych w czasie wykonywania otworów naftowych stanowi dużą uciążliwość dla ludzi i zwierząt oraz ptaków.

Hałas jest powodem pogorszenia stanu psychicznego ludzi przebywających w najbliższym otoczeniu, a w wyniku tego wzrasta wypadkowość i psują się stosunki międzyludzkie.

Procesom spalania i tarcia towarzyszy emisja bardzo dużych ilości ciepła, które wraz z gazowymi produktami spalania zakłócają naturalny ruch powietrza i zmiany intensywności opadów atmosferycznych. Efekty świetlne, te bardzo duże podczas pożarów naftowych, a także te mniejsze służące do oświetlenia terenu i urządzenia wiertniczego oraz sygnalizacji ostrzegawczej, stanowią duże zagrożenie zwłaszcza dla owadów i ptactwa.

### 3.3. Przekształcenia gleby i szaty roślinnej

Przekształcenia gleby i związane z nimi bezpośrednio przekształcenia szaty roślinnej są wywołane przez przekształcenia geomechaniczne powierzchni terenu, przekształcenia wód glebowych oraz opadu zanieczyszczeń zawartych w przekształconym powietrzu atmosferycznym.

Podczas erupcji rozwiniętej ropa naftowa początkowo pokrywa rośliny oraz wierzchnie warstwy ziemi. Migracja ropy naftowej w głąb ziemi zależy od właściwości chemicznych i fizycznych gleby, typu fitocenozy pokrywającej ziemię oraz od intensywności opadów atmosferycznych. W czasie suszy rozlana ropa przemieszcza się w głąb ziemi z prędkością około 10 cm/45–60 min. Suche cząstki glebowe, zwłaszcza próchniczne, szybko jednak absorbują ropę, zatrzymując jej migrację do głębszych warstw. W glebie wilgotnej prędkość ta maleje o 50–60%, co jest spowodowane hydrofobowymi właściwościami ropy naftowej. Ropa naftowa oprócz węglowodorów parafinowych, olefinowych, naftenowych i aromatycznych, zawiera także w swoim składzie różne zanieczyszczenia takie jak siarkowodor, merkaptany (tioalkohole, siarkowe odpowiedniki alkoholi), siarczki i dwusiarczki, związki azotu, fenole, wanad, nikiel, miedź, żelazo, rtęć. Nadmiar związków siarki lub chlorowodoru, może powodować duże zakwaszenie gleby [5,17,19].

W zmineralizowanych wodach złożowych (solankach), oprócz kationów sodu, potasu, magnezu, wapnia oraz anionów chlorkowych, siarczanowych i węglanowych, mogą pojawiać się też jony bromu, miedzi, jodu, żelaza, rtęci, ołowiu, manganu, strontu, kadmu, chromu, niklu, wanadu, srebra, cynku. Ponadto, podczas procesów technologicznych (do-



wiercanie i udostępnianie złóż węglowodorów oraz intensyfikacja wydobycia), do wód złożowych przedostają się: substancje ropopochodne, metale ciężkie, sole nieorganiczne, związki powierzchniowoczynne, polimery, a także inne związki chemiczne występujące w płuczkach wiertniczych oraz cieczach zabiegowych. Wszystkie te składniki mają negatywny wpływ na środowisko gruntowo-wodne, a gromadzone w dołach urobkowych lub przypadkowo rozlane na powierzchni kopalni mogą wnikać do wód podziemnych. Ulegając wymywaniu ze środowiska glebowo-gruntowego mogą migrować, wskutek przesiąkania wód przez to środowisko. Skala zagrożenia skażeniem zależy w głównej mierze od stężenia tych składników oraz wrażliwości poszczególnych elementów środowiska. W przypadkach nawiercania wód złożowych, w fazie wiercenia otworu, mogą one przedostawać się do płuczki wiertniczej i trafiać do dołu urobkowego, a w fazie opróbowania otworu lub podczas awarii wiertniczych mogą mieć bezpośredni kontakt ze środowiskiem gruntowo-wodnym.

Największe zagrożenie awaryjne występuje podczas niekontrolowanej erupcji nagazowanej wody złożowej o dużej mineralizacji. Woda złożowa wyrzucana wraz z gazem ziemnym z odwiertu powoduje skażenia środowiska w wyniku rozlania się jej na powierzchni terenu, zwykle znacznie większej od powierzchni strefy wiertni lub kopalni (od kilku do kilkunastu hektarów). W wyniku takiego zdarzenia następuje zniszczenie szaty roślinnej na znacznym obszarze oraz skażenie wód powierzchniowych szkodliwymi substancjami pochodzącymi z płuczki wiertniczej, cieczy zabiegowych oraz wody złożowej. Związki soli w glebie powodują zmniejszenie możliwości pobierania wody przez rośliny z powodu zakłócenia ciśnienia osmotycznego.

Szkodliwy wpływ wód złożowych na środowisko naturalne wyraża się także możliwością powstawania deficytu tlenowego. Największym i najpowszechniejszym obciążeniem dla środowiska gruntowo-wodnego są jednak rozpuszczone sole chlorkowe w wodach złożowych lub płuczce wiertniczej, nieprzyswajalne przez środowisko przyrodnicze.

Przekształcenia pokrywy glebowej oraz wynikające z tego konsekwencje można podzielić na trzy grupy:

- 1) zmiany typu gospodarki gruntowo-wodnej, wywołane zmianami położenia zwierciadła wód glebowych, co ma decydujący wpływ na stan uwilgotnienia gleb oraz ich funkcje produkcyjne,
- 2) zmiany właściwości mechanicznych i chemicznych gleb (prowadzące w niektórych przypadkach do ich degradacji), spowodowane zanieczyszczeniami zawartymi w wodach glebowych, jak i pyłami opadającymi na glebę z powietrza atmosferycznego, a także nadmiernym zagęszczaniem gleby pod wpływem dużych obciążeń,
- 3) uszkodzenie lub zanieczyszczenie pokrywy glebowej, a także jej zatopienie wodami tworzącymi się zlewisk, na skutek przekształceń hydrogeologicznych i hydrologicznych spowodowanych wgłębny i otwartymi erupcjami płynów złożowych.

Wszystkie wyszczególnione rodzaje przekształceń glebowych mają wpływ na stan szaty roślinnej danego obszaru, która w skrajnym przypadku może ulec całkowitemu zniszczeniu. W wyniku tego następuje erozja gleby i tworzą się obszary glebowe, będące nieużytkami antropogenicznymi.

### 3.4. Przekształcenia środowiska morskiego

W morskim górnictwie naftowym stwierdzono występowanie następujących zdarzeń powodujących zagrożenie dla środowiska morskiego [18]: erupcje płynów złożowych (gazu ziemnego, ropy naftowej, solanki), kolizja z inną jednostką morską, wybuchy, pożary, awarie dźwigów pokładowych, przecieki, rozlewy ropy, oleju napędowego, chemikaliów zawierających Zn, Br, glikolu, płuczek na bazie syntetycznej;

Współcześnie, wysiłek projektantów i konstruktorów skierowany jest przede wszystkim na dobór odpowiedniej konstrukcji platformy wiertniczej do warunków środowiska morskiego, a także zwiększenie bezpieczeństwa pracy na platformach wiertniczych i eksploatacyjnych [4]. Bezpieczeństwo ludzi, sprzętu oraz środowiska morskiego w dużej mierze zależy od rodzaju i parametrów technologicznych płuczki wiertniczej wynoszącej urobek z dna otworu, a także od konstrukcji otworu wiertniczego oraz jego wyposażenia przeciwerupcyjnego i kontrolno-pomiarowego. Platformy narażone są na fale morskie, wiatry, oblodzenie, prądy morskie. Konstruuje się platformy odporne na działanie fal oraz kier lodowych. Aby zapobiec przemieszczaniu się jednostki z dna otworu wiertniczego, stosowane są różne systemy kotwiczenia. Każda pływająca jednostka wiertnicza musi być pozycjonowana dynamicznie lub statycznie [4,18].

Stacjonarne platformy często powodują erozję pobliskiego podłoża morskiego. W przypadku gdy jednostka wiertnicza posadowiona jest na piaszczystym dnie, zwiększone prądy morskie i większe turbulencje mogą spowodować wypłukiwanie podłoża, co może zagrozić stabilności jednostki. Przyczyny mogą być geologiczne, takie jak aktywność sejsmiczna, ucieczki gazu, które powodują błotne wulkany, większe prądy oraz gwałtowne zmiany ciśnienia atmosferycznego. Poza przyczynami geologicznymi, wiercenie otworów może spowodować wypłukiwanie podłoża. By temu zapobiec stosuje się zabezpieczenia w postaci materiałów skalnych lub zasypywanie żwirem. W przypadku platform grawitacyjnych stosuje się zasypywanie cienką warstwą odłamków skał o małej średnicy blisko podstawy platformy.

W wielu przypadkach wystąpienie jednego zdarzenia staje się przyczyną innych, jak np. niekontrolowany wpływ płynów z otworu wiertniczego (erupcja) często powoduje ich rozlew, a także wybuch i pożar. Skutki tych zdarzeń dla środowiska morskiego mogą powodować trudne do oceny przekształcenia tego środowiska na bardzo dużych obszarach.

## 4. WNIOSKI KOŃCOWE

1. Opracowana systematyka wpływów działalności górnictwa ropy naftowej i gazu ziemnego uwzględnia podstawowe rodzaje przekształceń środowiska i przedstawia ich ogólną charakterystykę w aspekcie przyczynowo-skutkowym.
2. Systematyka ta może być wykorzystana przy planowaniu, projektowaniu i realizacji inwestycji w górnictwie naftowym, w zakresie podejmowania decyzji lokalizacyjnych oraz doboru technik i technologii mniej szkodliwych dla środowiska w analizowanym obszarze działalności górniczej.

3. Przedstawione w niniejszej publikacji wybrane elementy systematyki wpływów górnictwa naftowego na środowisko stanowią przykład możliwości opracowania kompleksowej klasyfikacji tych zagadnień, z uwzględnieniem szczegółowych czynników geologicznych i technologicznych w tym zakresie.

## LITERATURA

- [1] Bednarz S., Urba R.: *Pomiary hałasu urządzeń wiertniczych oddziałującego na środowisko naturalne*, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona środowiska w Górnictwie. WUG, Nr 2, 2003.
- [2] Bujok P.: *Problematyka ochrony środowiska przy likwidacji dołów urobkowych*, XI Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna: Nowe metody i technologie w geologii naftowej, wiertnictwie, eksploatacji otworowej i gazownictwie. 29–30 czerwca Tom I, Kraków, 2000.
- [3] Bujok P., Kalus D.: *Badania wpływu eksploatacji złóż węglowodorów na środowisko naturalne*, VIII Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna: Nowe metody i technologie w geologii naftowej, wiertnictwie, eksploatacji otworowej i gazownictwie. 19–20 czerwca, Kraków, 1997.
- [4] Czulak G., Szczepkiewicz A.: *Wybrane problemy projektowania i eksploatacji morskich platform wiertniczych*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, 25–26 kwietnia, Siedlce, 2002.
- [5] Dubiel S.: *Analiza zagrożenia erupcyjnego na podstawie danych z erupcji wstępnej*, Kwartalnik Wiertnictwo Nafta Gaz, Tom 27, Zeszyt 3, 2009.
- [6] Dubiel S., Zubrzycki A.: *Analiza warunków geologicznych oraz technologicznych pod kątem pozarurowych erupcji gazu ziemnego w rejonie Karpat i ich przedgórze*, Kwartalnik Wiertnictwo Nafta Gaz. Tom 26, Zeszyt 1–2, 2009.
- [7] Dubiel S., Chrząszcz W., Ziąja J.: *Metody inżynierii otworowej w świetle ochrony środowiska naturalnego*, Tech. Posz. Geol. Geosynoptyka i Geotermia nr 3, Kraków 1992.
- [8] Dubiel S., Macuda J., Jamrozik A.: *Ocena wpływu technologii stosowanych w wiertnictwie naftowym na środowisko gruntowo-wodne*, Wiertnictwo Nafta Gaz, Rocznik 20/2, Kraków 2003.
- [9] Ginalski W.: *Nowe metody oczyszczania gazu ziemnego ze związków siarki i rtęci*. Nafta 4–5, Kraków 1998.
- [10] Gonet A., S. Stryczek, D. Knez, T. Śliwa, J. Pawlikowska: *Ocena metod i sposobów likwidacji odwiertów poszukiwawczych rozpoznawczych (negatywnych lub z względów ekonomicznych nieeksploatowanych) z opracowaniem zaleceń do dotychczas stosowanych procedur likwidacji*. Wydawnictwo Nafta Gaz, 2006.
- [11] Macuda J., Dubiel S.: *Ocena wpływu otwartej erupcji ropy naftowej na środowisko gruntowo-wodne, na przykładzie otworu Daszewo-1*, Wiertnictwo Nafta Gaz. Tom 26, Zeszyt 1–2, 2010.
- [12] Molenda J., Steczko K.: „Ochrona środowiska w gazownictwie i wykorzystaniu gazu”, WNT W-wa, 2000.

- [13] Rokita M., Puc T., Dubiel J.: *Projekt zagospodarowania złoża ropy naftowej „Bóbrka – Rogi”*. Krosno, 1995.
- [14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. z dnia 4 października 2002).
- [15] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 28 kwietnia 1998 r. w sprawie dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających w powietrzu. (Dz. U. Nr 55, poz. 355).
- [16] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. (Dz. U. Nr 212, poz. 1799).
- [17] Różański H. *Oddziaływanie zanieczyszczeń ropopochodnych na gleby* Adres internetowy: <http://www.rozanski.gower.pl/ekotoksykologia2002.htm> — 10.03 2010 r.
- [18] Sułeczki K., Sowiński A., Twardy A.: *Problemy bezpieczeństwa przy wydobyciu ropy naftowej i gazu ziemnego na morzu, na przykładzie działalności „Petrobaltic” S.A.*, Bezpieczeństwo i Ochrona Środowiska w Górnictwie. WUG, nr11, 2006.
- [19] Surygała J. *Ropa naftowa a środowisko przyrodnicze*, Wrocław 2001.
- [20] Szydeł R., Żak H., *Składowanie odpadów ciekłych w wyeksploatowanym złożu ropy naftowej Świdnik*, Operat Wodno Prawny 2001.
- [21] 21. [www.bobrka.pl/pl/ignacy\\_lukasiewicz/](http://www.bobrka.pl/pl/ignacy_lukasiewicz/) 10 03. 2010 r.