



Czy aktualne *Prawo geologiczne i górnicze* promuje eksploatację złóż węglowodorów zgodnie z zasadami sztuki górniczej?

Jan Lubaś¹



Na przestrzeni ostatnich ok. 20 lat w Polsce nie udało się odkryć praktycznie żadnych znaczących zasobów ropy naftowej. Dlatego szczególnie ważne jest optymalne wykorzystanie wcześniej odkrytych zasobów geologicznych, zgodnie z zasadami sztuki górniczej, która uwzględnia wykorzystanie najnowszych osiągnięć technologicznych, umożliwiających maksymalizację szczytowania złóż. W artykule podjęto dyskusję dotyczącą stopnia uwzględnienia w najnowszym, zmodyfikowanym i zaktualizowanym w roku 2019 *Prawie geologicznym i górniczym* (p.g.g.) problematyki racjonalnego gospodarowania zasobami złóż węglowodorów. Autor zwraca uwagę na znaczenie wdrażania już na wczesnym etapie eksploatacji złoża odpowiednio dobranych do warunków geologiczno-złożowych metod wspomagania wydobycia ropy. Mają one duży wpływ na możliwość uzyskania wysokiego końcowego stopnia szczytowania złoża. W znowelizowanym p.g.g. wprawdzie podkreśla się potrzebę określania we wnioskach koncesyjnych minimalnego stopnia szczytowania złoża oraz przedsięwzięć niezbędnych do racjonalnej gospodarki złożem, nie zawsze jednak w trybie obligatoryjnym. Dostrzec można pewne niespójności i pozostałości wcześniejszych uregulowań prawnych, natomiast uwagę zwraca wprowadzenie nowych rozwiązań, szczególnie w zakresie koncesjonowania (koncesje na poszukiwanie, rozpoznawanie i wydobywanie węglowodorów, a także koncesje na wydobywanie węglowodorów). W publikacji przeprowadzono również analizę rozporządzeń wykonawczych, z sugestiami ich dalszego doskonalenia. Dotyczy to szczególnie precyzyjnego sformułowania wymagań przy sporządzaniu projektów zagospodarowania złóż węglowodorów (Pzz) czy też decyzji inwestycyjnych. Dotychczas obowiązujące przepisy, które trudno nazwać szczegółowymi, mogłyby być zastąpione rozporządzeniami wykorzystującymi rozwiązania znane i praktykowane w innych krajach. Powinny one przede wszystkim określać potrzebę opracowywania strategii wydobycia w okresach długo- i krótkoterminowych, wyznaczoną na podstawie odpowiednich badań wykonanych na fizycznym modelu złoża oraz wyliczeń symulacyjnych, w tym scenariusz wdrażania metod wspomagania wydobycia węglowodorów. Należałoby również określić środki i technologie, które umożliwią zwiększenie stopnia szczytowania, a także rozważyć, czy opłacalnym jest ich wdrożenie już od chwili rozpoczęcia wydobycia.

Złoża węglowodorów w przeciwieństwie do złóż kopalin stałych stanowią fragment górotworu w postaci pułapek strukturalno-stratygraficznych posiadających własny sys-

tem energetyczny, a więc określony zasób energii złożowej. Charakteryzują je parametry fizyczne, warunkujące nagromadzenie węglowodorów w porowatej i przepuszczalnej skale złożowej, a charakterystyka litologiczna skał określa stopień szczelności wypełnionej pułapki. Węglowodory występują w złożu pod określonym ciśnieniem, w warunkach polskich przekraczającym nawet wartości 600 bar. Sposób zachowania się płynów w złożu, jak również zmian ciśnienia złożowego jest determinowany przez rodzaj systemu energetycznego. Główne rodzaje systemów energetycznych dla złóż ropy naftowej to:

- ekspansji płynu złożowego i skały zbiornikowej,
- wodnonaporowy,
- gazu rozpuszczonego w ropie,
- czapy gazowej,
- grawitacyjny.

Stopień szczytowania zasobów danego złoża, wykorzystujący wyłącznie jego energię złożową, jest uzależniony od rodzaju panującego systemu energetycznego i dla ropy naftowej wynosi zwykle ok. 20% początkowych zasobów geologicznych złoża. Znane są jednak przypadki, gdy dla całkiem dużych złóż nie przekracza on wartości 10–15%. Aby uzupełnić wyczerpującą się w trakcie eksploatacji energię złożową, niezbędne jest wdrażanie odpowiednio dobranych dla danych warunków geologiczno-złożowych metod wspomagających procesy wydobywania węglowodorów. Ich rodzaj i sposób zastosowania powinien być określony już na etapie rozpoczynania właściwej eksploatacji złoża. Wtedy też możemy stwierdzić, czy eksploatujemy złożo zgodnie z zasadami sztuki górniczej.

NAFTOWA SZTUKA GÓRNICZA

Brak jest ścisłej definicji pojęcia *sztuka górnicza*. *Naftowa sztuka górnicza* jest to niewątpliwie umiejętność takiego prowadzenia procesów eksploatacji złoża ropy naftowej, w wyniku których można nie tylko zwiększyć wydatki wydobycia, lecz również uzyskać możliwie wysoki współczynnik szczytowania zasobów geologicznych. Efektywność ekonomiczna wdrażanych przedsięwzięć powinna być możliwie wysoka, a ponadto zgodna z zasadami ochrony środowiska. Omawiając procesy eksploatacji złóż węglowodorów, należałoby przywołać definicje podstawowych działań będących wyrazem takiej umiejętności (sztuki górniczej), do których należą:

- intensyfikacja wydobycia,
- stymulacja wydobycia,
- metody wspomagania wydobycia.

Należy podkreślić, że zabiegi stymulacji dotyczą ingerencji w strefę przyodwiertową, natomiast wspomaganie

¹ Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy; ul. Lubicz 25 A, 31-503 Kraków; lubas@inig.pl

wydobycia oddziałuje na całe złożo lub znaczną jego część. Z praktyki wiadomo, że pojęcia te są często mylone lub stosowane zamiennie, co oczywiście jest błędem.

Mianowicie:

– *intensyfikacja wydobywania* to działania zmierzające do zwiększenia wydobywania ropy naftowej w zadanym czasie poprzez rozwiercanie złoża odwiertami uzupełniającymi, zastosowanie odwiertów poziomych i multilateralnych lub otworów inteligentnych, a także zamykanie interwałów wodnych, mówimy wówczas o wzroście tempa szczypania;

– *stymulacja wydobywania* to proces inżynieryjny oddziałujący na strefę przyodwiertową, mający na celu zwiększenie wydobywania z odwiertu, np. kwasowanie, szczelinowanie hydrauliczne; niegdyś w ramach zabiegów stymulacji torpedowano odwierty, natomiast obecnie stosowane są jeszcze ich płukania;

– *wspomaganie wydobywania węglowodorów* to proces oddziałujący na całe złożo lub jego znaczącą część, mający na celu zwiększenie stopnia szczypania zasobów złoża. Uwzględnia on metody wtórne, polegające na dostarczeniu do złoża dodatkowej energii w postaci zatłaczanego gazu bądź wody, oraz metody trzecie, w których oprócz dostarczonej energii zewnętrznej zmieniają się właściwości fizyczne skał i płynów złożowych. Obejmują one metody termiczne, chemiczne, zmieszania fazowego płynów w złożu oraz zastosowanie rozpuszczalników i bakterii (Słownik, 2019).

Na rycinie 1 zamieszczono schemat klasyfikacji metod wydobywania ropy naftowej. Przyjmuje się, że stosując metody pierwsze, można uzyskać wartość stopnia szczypania początkowych zasobów geologicznych zwykle na poziomie 20%, następnie po zastosowaniu metod wtórnych osiągnąć poziom 20–40%, a wykorzystując w dalszej kolejności metody trzecie – uzyskać całkowity stopień szczypania ok. 50% i więcej.

W amerykańskiej literaturze przedmiotu wyróżnia się jeszcze pojęcia *improved oil recovery* – ulepszone metody wydobywania ropy obejmujące zarówno metody wtórne, jak i trzecie, oraz *enhanced oil recovery* – wspomaganie wydobywania ropy obejmujące jedynie metody trzecie. W Polsce przyjęło się raczej, że obie metody wtórne i trzecie zalicza się do metod wspomagających wydobywanie, jako że w obu przypadkach jest wykorzystywana energia zewnętrzna.

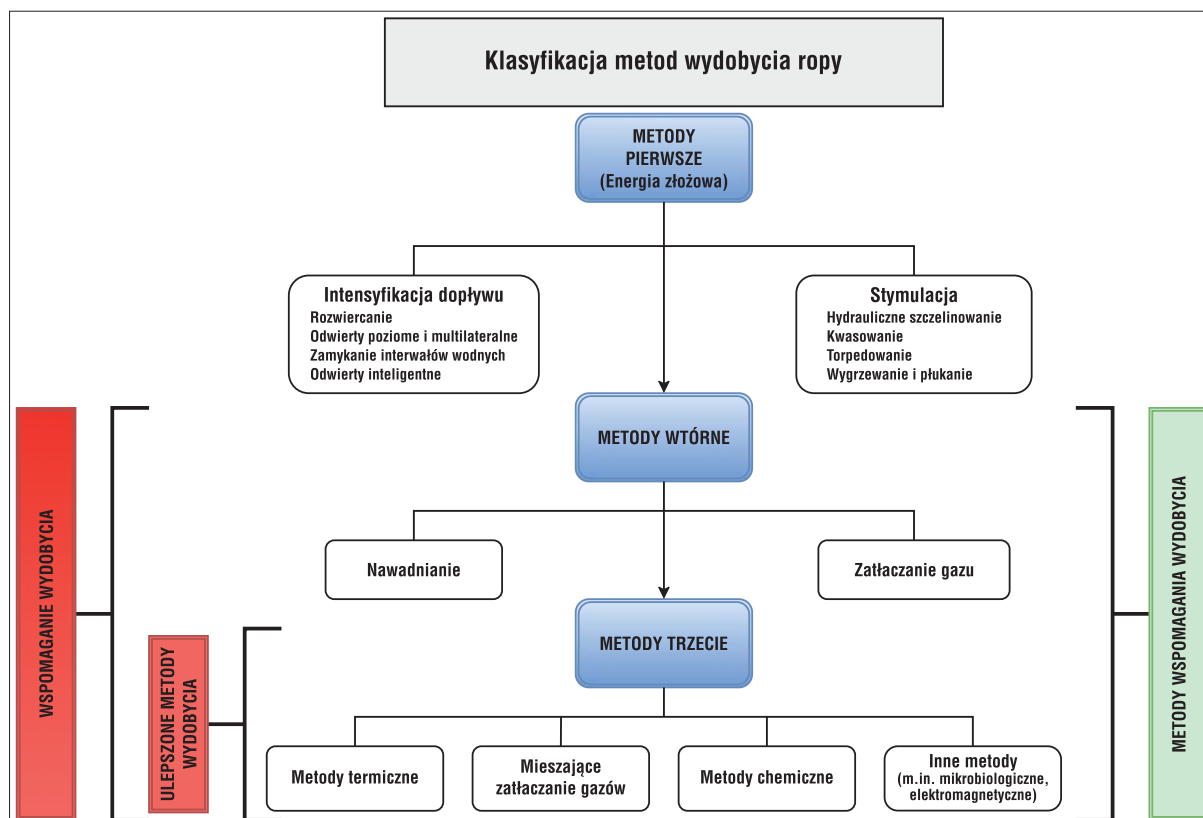
ANALIZA OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW Z ZAKRESU PRAWA GEOLOGICZNEGO I GÓRNICZEGO

Wprowadzona w 2019 r. kolejna nowelizacja *Prawa geologicznego i górnictwa* (Ustawa, 2011) fragmentarycznie zachowała nie zawsze spójne przepisy dotyczące przedsięwzięć niezbędnych do racjonalnego gospodarowania złożami węglowodorów. Przykładem tego jest zapis w art. 32 ust. 1 pkt 4 p.g.g.:

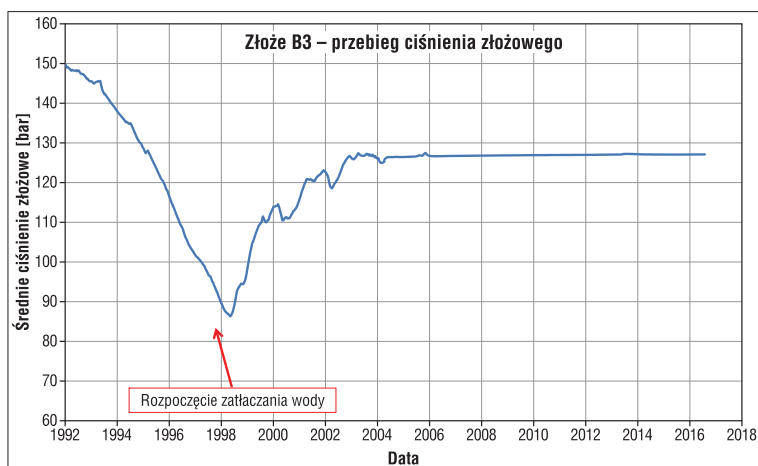
Koncesja na wydobywanie kopaliny ze złoża może określać: 1) minimalny stopień wykorzystania zasobów złoża oraz przedsięwzięcia niezbędne w zakresie racjonalnej gospodarki złożem.

Brak przyjęcia w tym uregulowaniu prawnym trybu obligatoryjnego, który nakładałby obowiązek określania minimalnego stopnia wykorzystania zasobów oraz przedsięwzięć niezbędnych do racjonalnego gospodarowania złożem, jest dużą ułomnością wymienionego zapisu.

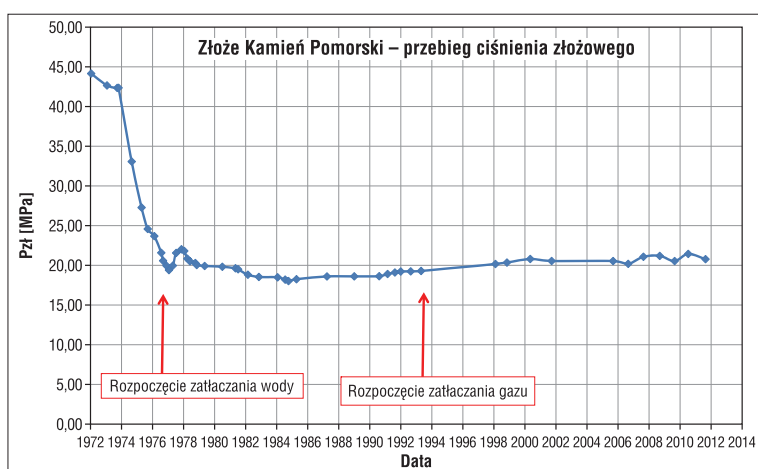
Prawo geologiczne i górnictwa powinno już na etapie rozpatrywania wniosków o koncesje dopuszczać jedynie te oferty, które w sposób kompleksowy przedstawią scenariusz wdrażania kolejnych metod wspomaganie wydobywania odpowiadających poszczególnym etapom eksploatacji złoża. Powinno to dotyczyć szczególnie złóż ropy naftowej,



Ryc. 1. Klasyfikacja metod wydobywania ropy (Stosur i in., 2003)



Ryc. 2. Wykres zmian ciśnienia w złożu B3 w trakcie jego eksploatacji oraz wdrażania metody wspomagania wydobywania ropy naftowej



Ryc. 3. Wykres zmian ciśnienia w złożu Kamień Pomorski w trakcie jego eksploatacji oraz wdrażania metod wspomagania wydobywania ropy naftowej

których stopień szczypania jest uzależniony przede wszystkim od sposobu wdrażania tych przedsięwzięć.

Termin wdrożenia, rodzaj zastosowanej metody wspomagania oraz uzyskany efekt mający wpływ na wielkość stopnia szczypania złoża powinien być poparty odpowiednimi obliczeniami symulacyjnymi wykonanymi na geologicznym i symulacyjnym modelu złoża. Obliczenia te powinny być wykonane przed rozpoczęciem właściwej eksploatacji złoża na podstawie wcześniejszych testów i ewentualnie próbnej eksploatacji w ramach fazy poszukiwania i rozpoznawania złoża, tzn. przed uzyskaniem koncesji na wydobywanie węglowodorów. Zasada ta jest praktykowana w krajach prowadzących gospodarkę złożami naftowymi w sposób nowoczesny i racjonalny (np. USA, Norwegia) (Shahverdi i in., 2011; Lubaś, 2013).

O niezbędności wdrażania już w pierwszym etapie eksploatacji przedsięwzięć niezbędnych do racjonalnej eksploatacji złoża mogą świadczyć dwa przytoczone przykłady przedstawione na rycinie 2 i 3 (Lubaś, 2013).

W pierwszym przypadku po wydobywaniu ok. 5% zasobów geologicznych nastąpił raptowny spadek ciśnienia złożowego. Dalsze jego obniżenie, jak ustalono na podstawie prognoz, spowodowałoby zakończenie wydobywania przy wartości współczynnika szczypania na poziomie 10%. W konsekwencji, na zlecenie operatora opracowano wdrożony później projekt pozakonturowego nawadniania złoża (ryc. 2) (Lubaś, 2013).

Kolejnym podobnym przykładem jest gwałtowny spadek ciśnienia w złożu Kamień Pomorski, gdzie po 2,5-letnim okresie intensywnej eksploatacji wdrożono metodę nawadniania złoża. Niewątpliwie opóźnienie w realizacji wdrażania metod wspomagających wpłynęło na uzyskanie niższego ostatecznego stopnia szczypania zasobów złoża (ryc. 3).

Dużym postępowaniem z zakresu obligatoryjnego wdrażania sztuki górniczej w znowelizowanym p.g.g. jest natomiast rozdział 3 – *Koncesje na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż, a także koncesje na wydobywanie węglowodorów ze złóż*. Rozdział ten został wprowadzony do p.g.g. we wcześniejszym jego wydaniu z 2017 r. (Ustawa, 2011).

Znowelizowane p.g.g. określa przede wszystkim dwa rodzaje koncesji, a mianowicie: koncesję na poszukiwanie i rozpoznawanie złoża węglowodorów oraz wydobywania węglowodorów ze złoża oraz koncesję na wydobywanie węglowodorów ze złoża. Zgodnie jednak z art. 49z. rozpoczęcie fazy wydobywania wymaga uzyskania decyzji inwestycyjnej, a we wniosku o wydanie decyzji inwestycyjnej określa się:

- wielkość i sposób zamierzonego wydobywania węglowodorów ze złoża, a także stopień zamierzonego wykorzystania zasobów, w tym kopalin towarzyszących i współwystępujących (pkt 4),

- geologiczne i hydrogeologiczne warunki wydobywania węglowodorów ze złoża, a w razie potrzeby warunki wtłaczania wód do górotworu określone w dokumentacji hydrogeologicznej (pkt 6).

W art. 49k pkt 1a [...] *ocenia się również zakres współpracy w opracowaniu i wdrażaniu innowacji w poszukiwaniu, rozpoznawaniu i wydobywaniu węglowodorów ze złóż z jednostkami naukowymi [...] zajmującymi się rozpoznaniem budowy geologicznej Polski oraz analityki, technologii i metodyki poszukiwań złóż uwzględniających specyfikę polskich warunków geologicznych.*

W art. 49u. pkt 1 stwierdza się, że [...] *koncesja na wydobywanie węglowodorów ze złoża, określa: [...] 6) szczególne warunki wykonywania zamierzonej działalności, w szczególności w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa powszechnego, zdrowia publicznego, ochrony środowiska lub racjonalnego gospodarowania złożem.* Fakultatywny charakter ostatniego zapisu osłabia obligatoryjność stosowania odpowiednich metod wydobywania zgodnie z zasadami sztuki górniczej.

Nie budzi natomiast wątpliwości zapis art. 49w pkt 1. *Koncesja na wydobywanie węglowodorów ze złoża określa [...] 2) minimalny stopień wykorzystania zasobów złoża węglowodorów oraz przedsięwzięcia niezbędne w zakresie racjonalnej gospodarki złożem.*

Zgodnie z art. 37 ust. 1 *W przypadku gdy przedsiębiorca narusza wymagania ustawy, w szczególności dotyczące ochrony środowiska lub racjonalnej gospodarki złożem [...] organ koncesyjny w drodze postanowienia wzywa przedsiębiorcę do usunięcia naruszeń [...], i dalej w ust. 2 – W przypadku gdy przedsiębiorca nie wykonał postanowienia, o którym mowa w ust. 1, organ koncesyjny może bez odszkodowania 1) cofnąć koncesję.*

Znowelizowanej ustawie p.g.g. towarzyszą wcześniejsze rozporządzenia wykonawcze dotyczące:

- bieżącego dokumentowania prac geologicznych, w tym przekazywania do organu koncesyjnego informacji dotyczących parametrów wydobycia węglowodorów ze złoża (Rozporządzenie MŚ, 2015),

- w sprawie przetargu na udzielenie koncesji na poszukiwanie i rozpoznanie złoża węglowodorów oraz wydobycia węglowodorów ze złoża, a także koncesji na wydobywanie węglowodorów ze złoża (Rozporządzenie RM, 2015).

Analizując ich treść, można zauważyć powtórzenie ogólnych zapisów z p.g.g. art. 49z ust. 1 pkt 4 dotyczących konieczności przedstawiania w ofertach na udzielenie koncesji informacji ws. sposobu zamierzonego wydobycia kopaliny, stopnia zamierzonego wykorzystania zasobów, a także środków umożliwiających osiągnięcie tego celu, a ponadto technologii prowadzenia prac geologicznych, w tym robót geologicznych, lub robót górniczych.

W przypadku nowych koncesji Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów zagospodarowania złóż (Pzz) (Rozporządzenie MŚ, 2012) zostało zastąpione przez decyzję inwestycyjną wydawaną na podstawie art. 49z ust. 1 pkt 4 p.g.g.

Wszystkie omawiane przepisy zawierają jednak bardzo ogólne stwierdzenia mówiące o potrzebie racjonalnego wykorzystania zasobów złoża, natomiast brak jest rozporządzeń określających szczegółowe wymagania, jakie powinny być zawarte w projektach zagospodarowania złóż czy też w decyzjach inwestycyjnych.

Jako przykład mogłyby posłużyć rozwiązania stosowane w innych krajach, np. w Norwegii, gdzie rola przemysłu wydobywania ropy jest znacząca. Przepisy te stanowią (Guidelines for plan..., 2018), że PDO (plan zagospodarowania i eksploatacji złoża węglowodorów), przygotowany przez licencjonobiorców i zatwierdzany na poziomie ministerialnym, powinien obligatoryjnie przedstawiać:

- koncepcję zagospodarowania złoża, w tym szczegółowy geotechniczny opis złoża, oszacowane jego zasoby, studia alternatywnych metod wydobycia, planowany harmonogram wydobycia oraz stopień szczypania zasobów z uwzględnieniem wyliczeń niepewności;

- opis wykonanych badań geologicznych wraz z odpowiednimi mapami i wykresami, wyniki badań rdzeni i płynów złożowych (PVT);

- strategię wydobycia w okresach długo- i krótkoterminowych, w tym środki mające wpływ na tempo szczypania i całkowite ilości możliwej do pozyskania ropy naftowej;

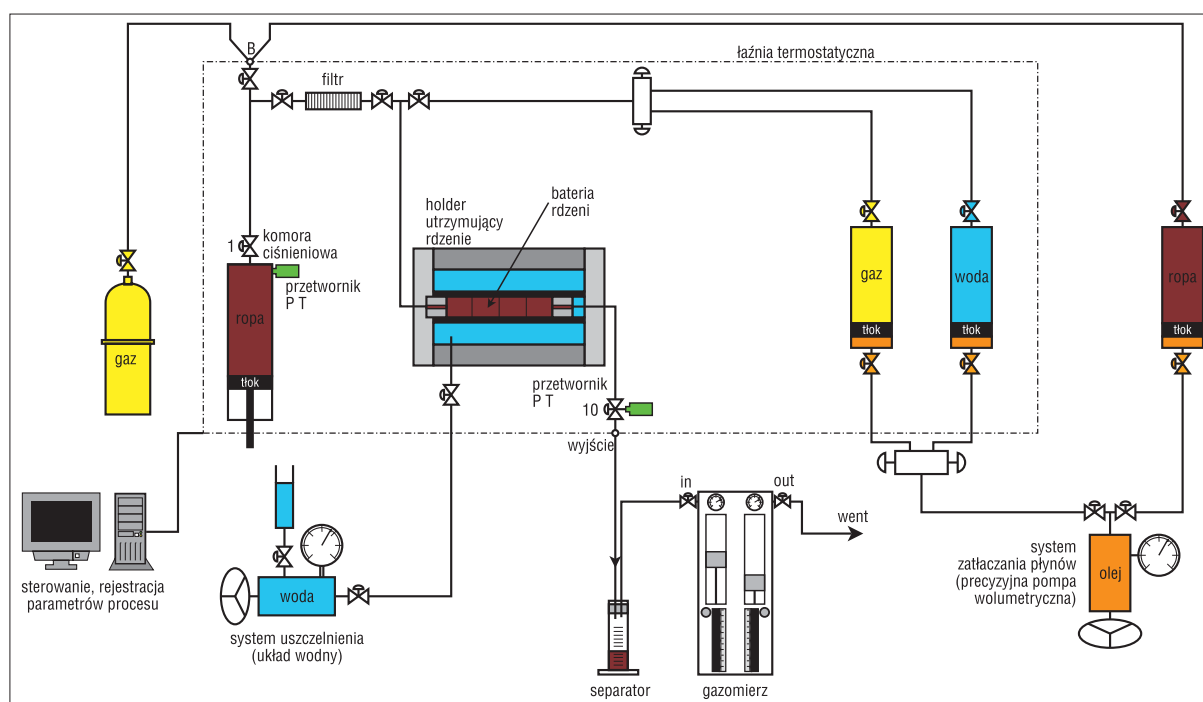
- wykorzystując metody symulacji, należy określić systemy energetyczne złoża, planowane ilości wydobywanych i zatłaczanych płynów, istotne dane wejściowe wykorzystane do symulacji przekazać organowi nadzorującemu;

- proces wydobycia ropy wymaga podtrzymywania ciśnienia złożowego, jeśli tak się nie stanie, to należy podać odpowiednie wyjaśnienia i uzasadnienia;

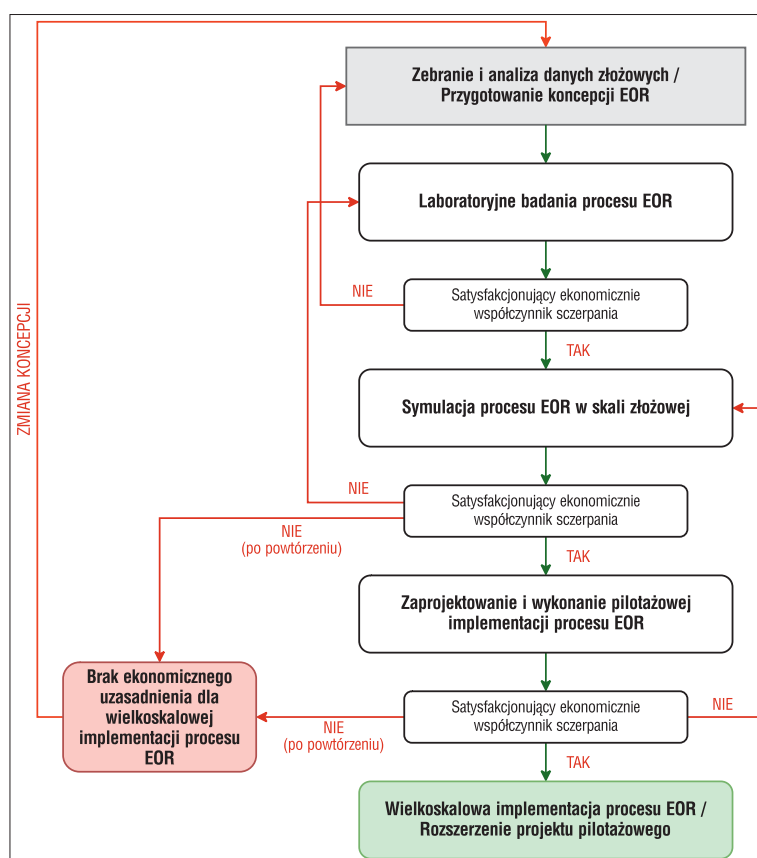
- wskazać środki i technologie, które umożliwią zwiększenie stopnia szczypania, należy rozważyć, czy opłacalnym jest ich wdrożenie już od chwili rozpoczęcia wydobycia, w tym: zwiększenie ilości odwiertów, odcinanie wody i gazu, metody wspomaganego wydobycia;

- określić ilości odwiertów wydobywczych i zatłaczających oraz ich wpływ na zdolności wydobywcze oraz zatłaczające, w tym na całkowity stopień szczypania.

Odnosząc się do przedstawionych w analizowanych dokumentach wymogów w fazie poszukiwania i rozpoznawania złoża, operator powinien zatem scharakteryzować podstawowe parametry złoża oraz podjąć próbę opracowania geologicznego i symulacyjnego modelu odkrytego złoża. Pozwoliłoby to na dostarczenie do wniosku o wydanie decyzji inwestycyjnej czy też projektu zagospodarowania złoża niezbędnych danych dotyczących wielkości zasobów i sposobu zamierzonego wydobycia, a także stopnia zamierzonego wykorzystania zasobów. W tym celu niezbędne byłoby określenie zasobów geologicznych złoża, przewidywanego systemu energetycznego, rodzaju zaproponowanej metody



Ryc. 4. Schemat zestawu aparatury badawczej do fizycznego modelowania procesów wypierania ropy



Ryc. 5. Zalecany sposób postępowania w trakcie wdrażania wspomaganego wydobywania ropy

wspomagania wydobywania, terminu wdrożenia metody wtórnej, a następnie trzeciej oraz prognozowanych stopni szczyrpania złoża w poszczególnych etapach jego eksploatacji. Bardzo często przed przystąpieniem do prac symulacyjnych są wykonywane prace eksperymentalne na fizycznym modelu złoża zbudowanym z oryginalnych rdzeni wiertniczych. Do badań wykorzystywane są próbki płynów złożowych pobranych z danego złoża, proces modelowania fizycznego prowadzi się w warunkach ciśnienia i temperatury złożowej. Na rycinie 4 przedstawiono schemat przykładowej aparatury stosowanej do badania procesów wypierania ropy.

W literaturze naftowej (np. Shahverdi i in., 2011) można napotkać schematy decyzyjne stosowane w trakcie wdrażania metod wspomaganego wydobywania. W warunkach krajowego górnictwa naftowego celowym wydaje się postępowanie wg przedstawionej na rycinie 5 ścieżki decyzyjnej wdrażania poszczególnych etapów eksploatacji złoża ropy.

PODSUMOWANIE

W artykule podkreślono znaczenie i wpływ procesów wspomaganego wydobywania ropy naftowej prowadzonych zgodnie z zasadami sztuki górniczej na uzyskanie możliwie wysokich stopni szczyrpania zasobów geologicznych. Na podstawie analizy *Prawa geologicznego i górniczego* znolizowanego w 2019 r. oraz przynależnych rozporządzeń wykonawczych można wysnuć następujące wnioski:

- znolizowane p.g.g. (Ustawa, 2011) pomimo fragmentarycznego zachowania nie zawsze spójnych przepisów dotyczących racjonalnego gospodarowania złożami, wprowadza nowoczesne rozwiązania szczególnie w zakresie koncesji na rozpoznawanie i poszukiwanie oraz wydobywanie węglowodorów;
- wprowadzono w niej zapisy obligatoryjne określania w koncesjach wydobywczyczych minimalnego stopnia wykorzystania zasobów oraz przedsięwzięć niezbędnych do racjonalnej gospodarki złożem
- zdaniem autora udoskonaleniu powinno natomiast podlegać Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie szczegółowych wymagań projektów dotyczących zagospodarowania złożeń (Rozporządzenie MŚ, 2012) czy też decyzji inwestycyjnej (Ustawa, 2011). Obecne zapisy, które trudno jest nazwać szczegółowymi, powinny zawierać bardziej precyzyjne wymogi opisujące tok postępowania przyszłego operatora w trakcie procesów zagospodarowywania złożeń.

Autor dziękuje anonimowemu Recenzentowi za cenne uwagi, które przyczyniły się do poprawy formy artykułu.

LITERATURA

- ENVIRONMENTAL Guidance Document 1997 – Waste Management Exploration and Production Operations. API E5 Second edition.
- GUIDELINES for plan for development and operation of a petroleum deposit (PDO), and plan for installation and operation of facilities for transport and utilisation of petroleum (PIO) 21 March 2018; <http://npd.no/Global/Engelsk/5-Rules-and-regulations/Guidelines/PDO-PIO-guidelines> (dostęp 24.07.2020).
- LUBAŚ J. 2013 – O potrzebie bardziej dynamicznego wdrażania metod wspomaganego wydobywania ropy naftowej z krajowych złożeń. *Nafta-Gaz*, 10: 744–750.
- ROZPORZĄDZENIE Rady Ministrów z 28 lipca 2015 w sprawie przetargu na udzielenie koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie złożeń węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złożeń, a także koncesji na wydobywanie węglowodorów ze złożeń. *Dz.U.* z 2015 r. poz. 1171.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych. *Dz.U.* z 2015 r. poz. 903.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 24 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów zagospodarowania złożeń. *Dz.U.* z 2012 r. poz. 511.
- SHAHVERDI H., SOHRABI M., FATEMI M., JAMILAHMADY M. 2011 – Three-phase relative permeability and hysteresis effect during WAG process in mixed wet and low IFT systems. *J. Petrol. Sci. Engineer.*, 78 (3–4): 732–739; doi: 10.1016/j.petrol.2011.08.010
- SŁOWNIK terminologiczny z zakresu poszukiwania, wiertnictwa i eksploatacji złożeń węglowodorów. Praca zbiorowa. INiG-PIB Kraków 2019.
- STOSUR G.J., HITE J.R., CARNAHAN N.F., MILLER K. 2003 – The Alphabet Soup of IOR, EOR and AOR: Effective Communication Requires a Definition of Terms. *Soc. Petrol. Engineer.*, doi:10.2118/84908-MS
- USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. *Dz.U.* 2017 poz. 2126; *Dz. U.* z 2019 r. poz. 868.
- WOJNICKI M., LUBAŚ J., WARNECKI M., KUŚNIERCZYK J., SZUFLITA S. 2020 – Experimental Studies of Immiscible High-Nitrogen Natural Gas WAG Injection Efficiency in Mixed-Wet Carbonate Reservoir. *Energies*, 13: 2346.

Praca wpłynęła do redakcji 11.08.2020 r.
Akceptowano do druku 25.11.2020 r.