

Józef Bąkowski

Kopalnia Soli "Kłodawa"

WYSTĘPOWANIE WĘGLOWODORÓW W STRUKTURZE SOLNEJ KŁODAWY

Streszczenie. Omówiono występowanie gazów, szczególnie węglowodorowych i olejowych w Kłodawskiej kopule solnej, geologiczne umiejscowienie tych zjawisk wraz z metodami badań zastosowanymi w poszukiwaniu i wykreślaniu stref ich występowania.

W artykule przedstawiono również geochemiczne właściwości węglowodorów spotykanych w Kłodawskiej kopule oraz zidentyfikowane dotychczas, możliwe typy genetyczne zarejestrowanych bitumenów i olejów. Wyniki badań nad występowaniem węglowodoru przeprowadzone w celu obniżenia związanego z nim zagrożenia dla wyrobisk górniczych okazały się pozytywne. Z drugiej strony postępy w badaniach geochemicznych wykazują, że zagadnienie poszukiwań złóż węglowodorowych w okręgu Kłodawskiej struktury solnej jest bardziej złożone niż zakładano dotychczas.

WSTĘP

Poszukując na obszarze Kujaw złóż ropy związanych ze strukturami solnymi, Przemysł Naftowy wykonał w latach 1946 - 1950 w Kłodawie i okolicy szereg wierceń. Wiercenia te, jak również następne, odwiercone przez innych wykonawców w latach 1950 - 1953 nie napotkały ropy naftowej, jednak odkryły złoża soli magnezowo-potasowej i kamiennej, co umożliwiło podjęcie decyzji o budowie kopalni.

Już podczas etapu rozpoznawania struktury kłodawskiej wierceniami z powierzchni zanotowano w profilach niektórych wierceń (K-24, K-25, K-32) przejawy bitumiczności. Pozostawały one przede wszystkim w związku z brekcją gipsowo-anhydrytową płaszcza przykrywającego północno-wschodnią ścianę wysadu solnego. Po zgłębieniu szybów kopalnianych rozpoczął się drugi etap rozpoznania, ograniczony do środkowej części wysadu solnego, stanowiącej obszar górniczy kopalni soli "Kłodawa".

Jest to etap rozpoznania podziemnego robotami geologiczno-rozpoznawczymi, udostępniającymi i przygotowawczymi wykonywanymi jako chodniki, przekopy i kierunkowe otwory wiertnicze. Poniżej scharakteryzowano wystąpienia węglowodorów w kłodawskiej strukturze solnej na podstawie dotychczasowych obserwacji i badań licznych przejawów bitumiczności, napotkanych w ciągu ostatnich 30 lat w podziemnych wyrobiskach kopalni "Kłodawa".

CHARAKTERYSTYKA ZJAWISK WĘGLOWODOROWYCH

Na wszystkich etapach działalności górniczej, od eksploracji do eksploatacji, napotyka się w wysadzie wystąpienia węglowodorów ciekłych i gazowych, zakumulowanych najczęściej w solach kamiennych, anhydrytach oraz w skałach węglanowych (dolomitach, wapieniach, iłowupkach węglanowych), przy czym stopień nasycenia substancją węglowodorową i sposób jej rozmieszczenia w skale bywa zróżnicowany.

Ropa naftowa w solach tworzy najczęściej nagromadzenia w płaszczyznach uławiczenia wzdłuż partii bardziej przepuszczalnych, występujące w zespołach składających się z warstw soli zropiałej miąższości do kilku decymetrów z naprzemianległymi większej miąższości warstwami soli czystych, a także wypełnia związane z dyslokacjami systemu szczelin i nasycę epigenetyczne utwory solne.

W anhydrytach i skałach węglanowych ropa wypełnia drobne szczeliny, kawerny i pory jawiąc się jako wysięki i plamy na powierzchni skały.

W przypadku otwarcia wyrobiskiem większego systemu szczelin następuje wyciek ropy, jednak jej ilość sporadycznie tylko osiąga kilkaset litrów. Ropa towarzyszy czasem także wyciekom solanki. Dotychczas w kopalni "Kłodawa" zarejestrowano 70 wycieków ropy.

Sposób nagromadzenia węglowodorów gazowych (i innych gazów) w skałach narzuca podział na:

- gazy wolne,
- gazy słabo związane,
- gazy mocno związane ze skałą.

Gazy wolne wypełniają systemy kawern i szczelin niekiedy w towarzystwie ługów i solanek. Otwarcie takiego systemu powoduje mniej lub bardziej długotrwały wypływ gazu (wydmuchnięcie, fukacz).

Gazy słabo związane ze skałą wypełniają pory skalne i najmniejsze przeszerzenie między ziarnami łączące się z sobą. Wyrobisko górnicze w takim górotworze powoduje powolne odgazowanie skały na głębokość do paru metrów.

Najgroźniejszą formą występowania gazów są gazy mocno związane ze skałą. Występują one w systemach niezależnych porów i inkluzji wewnątrz kryształów oraz na ich zrostach. Skała z tych gazów odgazowuje się tylko powierzchniowo. Są one przyczyną niebezpiecznych wyrzutów, którym oprócz nagłego uwolnienia się dużych ilości skompresowanego gazu towarzyszy odspojenie pewnej części skały od calizny, zniszczenie jej struktury, tj. rozkruszenie i przemieszczenie na pewną odległość.

O rozmiarach tych zjawisk informuje masa wyrzuconej skały. W Kłodawie dochodzi ona do 800 t. Do końca 1984 r. zarejestrowano 285 zjawisk gazowych, tj. wydmuchnięć, wpływów i wyrzutów ze stwierdzoną zawartością węglowodorów (głównie metanu), w tym 166 wyrzutów gazu i skały. Warto wspomnieć, że w wysadzie kłodawskim występują również zjawiska gazowe, w tym wyrzuty gazów i skał z udziałem prawie czystego azotu.

GEOLOGICZNE TŁO WYSTĘPOWANIA WĘGLOWODORÓW

W zgeneralizowanym ujęciu kłodawski wysad solny formują dwie antykliny, przedzielone głęboką synkliną (rys. 1 i 2). Antyklina północno-wschodnia "brzeźna" w jądrowej części zbudowana jest z soli starszych, oskrzydłych od południowo-zachodu solami młodszymi. Sole te na skrzydle północno-wschodnim zostały ścięte wzdłuż powierzchni dyslokacyjnej, ograniczającej wysad solny.

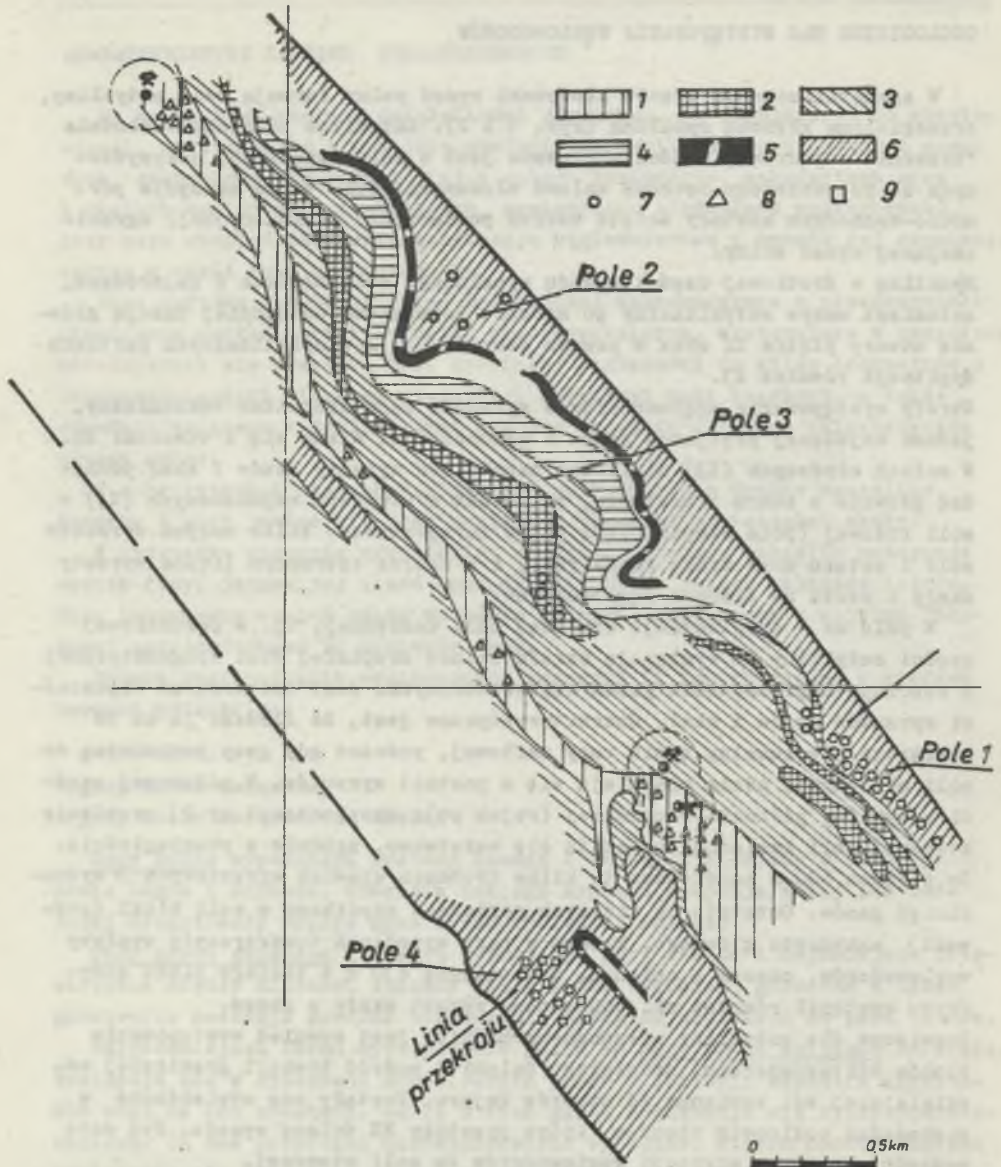
Synklinę w środkowej części wysadu wypełniają sole młodsze i najmłodsze, natomiast masyw antyklinalny po stronie południowo-zachodniej budują głównie utwory piętra Z2 oraz w pewnym stopniu Z1, a w synklinalnych partiach dygitacji również Z3.

Strefy występowania węglowodorów w wysadzie mają charakter tektoniczny, jednak najwięcej przejawów ropo- i gazonośności wiąże się z utworami Z2. W solach młodszych (Z3) nieliczne napotymane wyrzuty gazów i skał pochodzą głównie z zębry brunatnej, natomiast w utworach najmłodszych (Z4) w soli różowej (pole eksploatacji nr 3) zarejestowano kilka małych wyrzutów soli i metanu oraz nikłe ślady ropy, a w zębry czerwonym liczne wyrzuty skały i azotu ze śladami węglowodorów.

W polu nr 1 eksploatacji starszej soli kamiennej, tj. w południowej części antykliny NE występuje strefa silnie zropiałej soli epigenetycznej o znacznym nagromadzeniu gazów węglowodorowych. Jest ona źródłem większości wyrzutów gazów i skał. Charakterystyczne jest, że śledząc ją ku NW stwierdza się lokalny zanik ropy naftowej, podczas gdy gazy przechodzą do soli młodszych, gdzie ujawniają się w postaci wyrzutów. W północnej części antykliny północno-wschodniej (rejon pola eksploatacji nr 2) zropienia starszej soli kamiennej układają się warstwowo, zgodnie z rozciągłością. Do poziomu 600 m zanotowano tu kilka drobnych zjawisk wyrzutowych i wydmuchnięć gazów. Ostatnio na niższych poziomach napotkano w soli bloki (porwaki) anhydrytu głównego, którym w paru wypadkach towarzyszyły wypływy węglowodorów, czasem z solanką. Na poziomie 630 m z takiego bloku anhydrytu wystąpił również ok. 100-tonowy wyrzut skały z gazem.

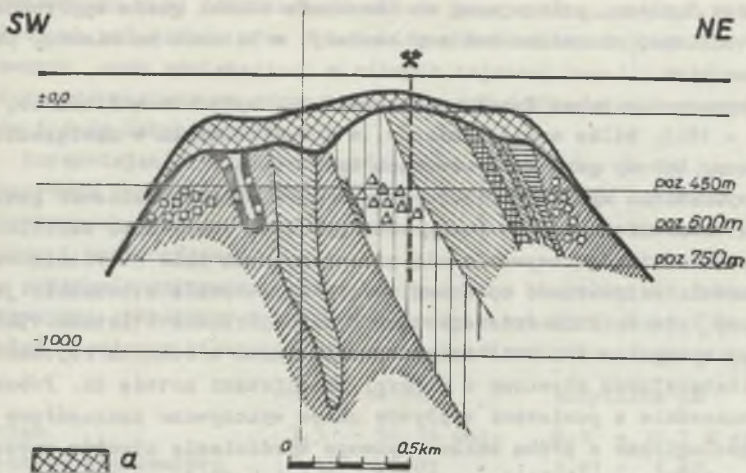
Znamienne dla antykliny północno-wschodniej jest również występowanie bloków żółtawoszarego, zropiałego dolomitu wśród brekcji granicznej oddzielającej sól kamienną od utworów kajpru. Zostały one stwierdzone w większości poziomych otworów, które przebiły NE ścianę wysadu. Być może pośredniczą one w migracji węglowodorów do soli starszej.

Antyklinalny masyw południowo-zachodni budują głównie niższe poziomy soli starszej. W związku z tym w przygotowanym tu do eksploatacji polu nr 4, jakość soli jest gorsza niż w polach 1 i 2. Dodatkowo pole to deprecjonują pospolicie występujące porwaki anhydrytu podstawowego i rzadziej żupku cuchnącego. Te ostatnie są źródłem największych wyrzutów gazów i skał w omawianym rejonie (do 500 t). Mniejsze wyrzuty występują też w soli kamiennej. Partiom wyrzutowym towarzyszą przeważnie nagromadzenia



Rys. 1. Wyrzuty gazów i skał na tle pośredniego poziomu kopalni "Kłodawa"
 1 - sól kamienna biała (Z2 + Z1), 2 - anhydryt (Z3), 3 - sole magnezowo-potasowe (Z3), 4 - zuber brunatny (Z3), 5 - sól kamienna różowa (Z4), 6 - zuber czerwony (Z4), 7 - wyrzut skały z węglowodorami, 8 - wyrzut skały z azotem, 9 - wyrzut skały z węglowodorami i siarkowodorem

Fig. 1. Squealers and rock outbursts against the background of the mean level of the coal mine "Kłodawa"



Rys. 2. Przekrój geologiczny przez kłodawski wyśiad solny
 a - czapa łożowo-gipsowa. Pozostałe oznaczenia jak na rys. 1
 Fig. 2. Soil profile of the Klodawian salt diapir

ropy naftowej. Na podkreślenie zasługuje udział siarkowodoru w mieszaninie występujących tu gazów. Największa zmierzona jego zawartość wynosiła 47,66% [4].

Omawiany rejon cechuje szczególnie zawiślana budowa wewnętrzna. Skomplikowane strefy kontaktowe soli starszych z najstarszymi oraz zaburzenia związane z kontrastowym zachowaniem się sztywniejszych warstw anhydrytów i utworów łupku cuchnącego, połamanych i rozwleczonych wzdłuż fałdującej się powierzchni ich kontaktu z solą kamienną, powodują, że czytelność rysów tektoniki i litostratygrafii bywa tu utrudniona.

BADANIA ZJAWISK WĘGLOWODOROWYCH W KOPALNI "KŁODAWA"

Wobec zagrożenia bezpieczeństwa kopalni przejawiającego się występowaniem gazów, a zwłaszcza wyrzutów gazów i skał, podstawowym celem rozpoczętych w końcu 1955 r. badań było określenie gazonośności skał solnych, poznanie mechanizmów powstawania zjawisk zagrożenia, ustalenie geologicznego tła ich występowania oraz opracowanie skutecznych metod ich prognozowania i zwalczania. W początkowym okresie ustalono rodzaje napotykaných gazów i przeprowadzono, bez większego powodzenia, próby zastosowania metod badawczych stosowanych na złożach węgla.

Zasadniczy postęp w badaniach groźnych dla górnictwa solnego wyrzutów gazów i skał nastąpił z wprowadzeniem oryginalnej metody pomiarów gazonoś-

ności aparatem Englera, polegającej na mierzeniu ilości gazów wpływających z przewiercanej stopniowo calizny skalnej, w litrach na minutę, przez ustalony czasokres.

Metodą tą, opracowaną przez Czesława Poborskiego, wykonano w Kłodawie, w latach 1962 - 1963, kilka serii pomiarów, w lokalizowanych w nawiązaniu do geologicznej budowy górotworu otworach badawczych.

Zestawiane wykreślenie wyniki pomiarów wraz z chemicznymi analizami gazów pozwoliły na ustalenie rodzajów powiązania gazów ze skałą oraz określenie sposobów i prędkości odgazowywania się przewierconych skał o zróżnicowanej gazonośności. Przydatność opisanej metody spowodowała stosowanie jej przez następne lata do dnia dzisiejszego. W szczególności w latach 1966 - 1971 Hydrokop wykonał w Kłodawie kolejne serie badań w różnych rejonach i polach eksploatacyjnych stosując z dobrymi rezultatami metodę Cz. Poborskiego. Równocześnie z pomiarami wpływów gazów wykonywano szczegółowe kartowanie geologiczne z próbą makroskopowego wyróżniania utworów wyrzutowych. Ze względu na powszechnie występujące w nich ślady ropy naftowej pomocną tu była metoda fluorescencyjna.

Z czasem aparat Englera zastąpiono zmodyfikowaną sondą typu "Inowrocław", umożliwiającą pomiar wypływu gazu z dowolnego odcinka otworu badawczego, a także wprowadzono określanie zawartości gazów w skałach solnych przez rozpuszczanie w wodzie znormalizowanych próbek, pobieranych sposobem wiertniczym. W ostatnich latach w zakresie omawianych zagadnień kopalnia współpracuje z OBR Górnictwa Surowców Chemicznych w Krakowie. Kompleksowe stosowanie przedstawionych metod badawczych doprowadziło do wydzielenia w poszczególnych rejonach kopalni pól:

- soli wyrzutowej (strefa wyrzutowa),
- soli gazonośnej-niewyrzutowej (strefa gazowa),
- soli niegazonosnej (strefa niegazowa)^{x)}

Poprawność okonturowania wymienionych stref w ogromnej mierze zależy od komplikacji budowy geologicznej danego rejonu i zagęszczenia prac badawczych. Dotychczasowa praktyka potwierdza prawidłowość wydzielenia poszczególnych stref w antyklinie wschodniej (w polach 1 i 2) oraz w środkowej synklinie w zakresie głębokości do 600 m. Poniżej tej głębokości znaczne narastanie komplikacji tektonicznych narzuca konieczność kontynuowania tam badań. Ze względu na zawiłą budowę geologiczną w brzeżnej antyklinie przy SW ścianie wysadu prowadzenie dalszych badań będzie nieodzowne.

^{x)} We wszystkich solach występuje pewna ilość uwiecznionego gazu. Do 30 ml/kg określa się ją jako gazonośność pierwotną lub naturalną. W przedstawionym wyżej podziale sól niegazonosna to taka, która zawiera gazu do 30 ml/kg, gazonosna powyżej 30 do 60 ml/kg, wyrzutowa ponad 60 ml/kg.

Stwierdzona duża różnorodność składu mieszanin gazowych w zakresie nawet głównych składników oraz daleko idące zróżnicowanie organoleptycznie stwierdzanych cech wyciekającej w różnych rejonach kopalni ropy naftowej komplikowały poglądy na genezę napotykanych w wydziele kłodawskim węglowodorów i dróg ich migracji.

Korzystając z zainteresowania tym zagadnieniem J. Calikowskiego, z Instytutu Geologicznego w Warszawie, przekazano mu materiał do badań geochemicznych złożony z próbek zgazowanych i zropiałych soli oraz wolnych gazów i ropy naftowej.

Na podstawie wykonanych przez niego wraz z zespołem badań można podać następującą charakterystykę węglowodorów z wydaju Kłodawy [3]:

Skład chemiczny mieszanin gazowych określony chromatograficznie

	antyklina NE	antyklina SW
metan	3,3 -- 58,5% obj.	6,0 - 32,7 % obj.
cięższe węglowodory	0,45 - 2,01	1,91 - 4,62
azot	34,0 - 74,3	34,1 - 71,0
CO ₂	2,4 - 49,0	2,0 - 34,2
argon	2,3 - 6,5	1,4 - 5,2
hel	0 - 0,13	0,01 - 0,06
H ₂ S	0	4,9 - 47,66

Skład gazów z wydaju kłodawskiego wskazuje na możliwość występowania trzech grup genetycznych: gazów azotowych, bezgazolinowych i gazolinowych. W obrębie tych ostatnich podgrupę stanowią gazy z zawartością H₂S, który głównie napotyka się w antyklinie południowo-zachodniej. W gazach wszystkich grup występują domieszki CO₂ i gazów szlachetnych.

Najprawdopodobniej gazy o przewodze azotu są pochodzenia abiogenego, bezgazolinowe powstały w utworach karbońskich, a gazolinowe w cechsztyńskich. Oczywiście w rzeczywistości gazy te występują jako mieszaniny różnych grup genetycznych.

Co się tyczy ropy naftowej, to wykonane badania geochemiczne oraz duża ilość materiałów porównawczych z różnowiekowych skał różnych obszarów Niżu Polskiego dały podstawy do podjęcia próby genetycznego powiązania przejawów ropności wydaju kłodawskiego ze skałami macierzystymi występującymi na Niżu Polskim. Wyróżniono prawdopodobne typy genetyczne bituminów i rop naftowych, stwierdzając ich przypuszczalne pochodzenie z utworów syluru, karbonu i cechsztynu, a także grupę, dla której, jak dotychczas, nie można ustalić więzi genetycznej ze skałami macierzystymi. Charakterystyczne jest to, że bituminy tej grupy pochodzą ze strefy granicznej wydaju solnego, głównie z dolomitów nawierconych w tej strefie.

W świetle rozważań K. Fomkina i in. [5] jest możliwe, że macierzystymi skałami dla tych bituminów są utwory mezozoiczne.

POSZUKIWAWCZE ZAGADNIENIE ROPY NAFTOWEJ PRZY WYSADZIE KŁODAWY

Obecność węglowodorów w wysadzie kłodawskim pozostaje w związku z jego tektogenezą. Według J. Poborskiego [7] wysad kłodawski powstał ze zwarcia się dwóch antyklin solnych, które spływając grawitacyjnie ku sobie po pochylonych równiach podłoża, zwały się na linii jego dyslokacji. W późniejszych stadiach, w ciągu jury i kredy, podłoże ulega poćwiartowaniu na kry, a jego główna dyslokacja o charakterze uskoku powiększa się. Odkłute od podłoża masy soli wynoszone są wysoko w górę w różnych stadiach powstawania wysadu (rys.3), stwarzając możliwości migracji i akumulacji bituminów generowanych w utworach podłoża precesztyńskiego [8].

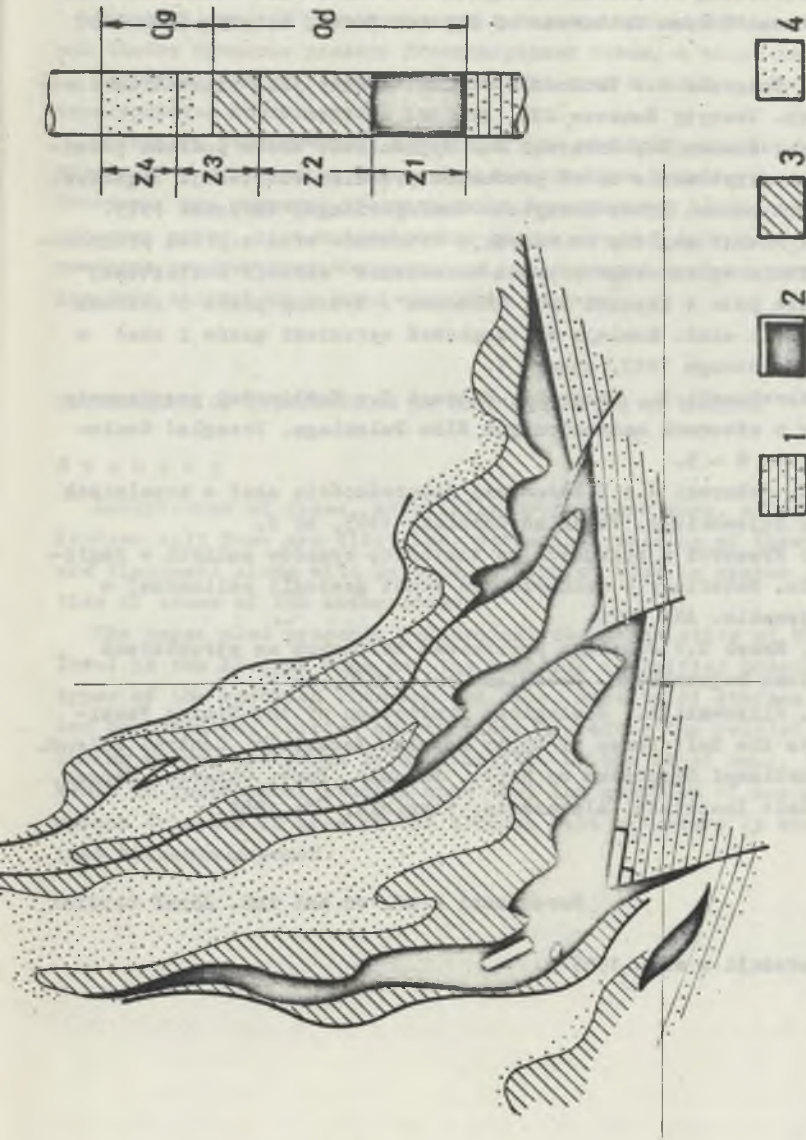
Według omówionych wyników nowszych badań geochemicznych [3], w wysadzie występują bituminy generowane w osadach syluru, karbonu i cechsztynu a także o nieokreślonej genezie. Stwierdzenie to znacznie komplikuje zagadnienie poszukiwawcze ropy przy strukturze Kłodawy w stosunku do przedstawionego w 1966 r. przez J. Bąkowskiego i A. Tokarskiego [2]. Napotkanie w ostatnich latach w antyklinie południowo-zachodniej porwaków skał z poziomu łupku cuchnącego (bitumicznych, silnie wyrzutowych) oraz geochemiczne określenie występującej w porwakach dolomitu wschodniej ściany wysadu ropy, jako o nieustalonej genezie, wydaje się przesadzać o konieczności zrewidowania przyjętej wówczas (w 1966 r.) pozycji stratygraficznej tego dolomitu jako przynależnego do soli starszych.

Motywy przewodnie poszukiwań naftowych na strukturach solnych przedstawili w 1970 r. J. Poborski i S. Marek [8].

Między innymi zwracają oni uwagę na dobre warunki migracji epigenetycznych węglowodorów w strefach ponad wybitnymi dyslokacjami podłoża. Dla Kłodawy na pierwszym miejscu stawiają rozpoznanie SW ściany struktury jako związanej poniekąd z taką dyslokacją, a także wstecznie przechylonej, a więc stwarzającej dobre warunki do powstawania pułapek dla bituminów.

Tymczasem dobrze zbadana w ostatnich latach najwyższa część tej ściany (do głębokości 600 m), na poziomym odcinku długości około 0,8 km, manifestuje się jako urozmaicona morfologicznie powierzchnia o zmieniającym się nachyleniu od wstecznego, tj. ku południowemu zachodowi do północno-wschodniego.

Przedstawione przykłady narastania komplikacji zagadnienia występowania bituminów w strefach przywysadowych w miarę rozwoju badań wskazują na to, że ewentualne poszukiwania ropy w tych strefach będą złożone i trudne.



Rys. 3. Szkieletowy przekrój SW - NE J. Poborskiego ilustrujący tektoniczną strukturę Klodawy
 1 - permskie podłoże cechsztynu, 2 - sole najstarsze (Z1), 3 - sole starsze (Z2) i dolny oddział soli
 młodszych (Z3), 4 - górny oddział soli młodszych (Z4) i sole najmłodsze (Z4), Od - odcinek dolny z
 przewagą soli kamiennych, Og - odcinek górny z przewagą skał solno-ilastych (podział petrofizyczny)
 Fig. 3. J. Poborski's draft section SW-NE which illustrates the tectogenesis of the Klodawa structure

LITERATURA

- [1] Bąkowski J., Biały M., Litoński A., Poborski J.: Occurrence, Investigation and Forecasting of Sudden Outbursts in Polish Salt Mines. International Congress "Sudden Outbursts of Gas and Rock", Leipzig (DDR-NRD) 1966.
- [2] Bąkowski J., Tokarski A.: Wschodnia ściana Kłodawy jako element naftowo-poszukiwawczy. Zeszyty Naukowe AGH, 1966 r. nr 139.
- [3] Calikowski J., Gondek B., Tokarska K.: Wyjaśnienie wieku podłoża przedpermickiego na przykładzie badań produktów przemian substancji organicznej w utworach permu. Prace Instytutu Geologicznego, Warszawa 1979.
- [4] Cybulski C.: Nowsze poglądy na migrację bituminów wraz z próbą prognozowania zagrożenia wyrzutowego poprzez określenie "aureoli kontaktowej" na przykładzie pola 4 kopalni soli "Kłodawa". Wybrane prace z zakresu wyrzutów gazów i skał. Komisja ds. zagrożeń wyrzutami gazów i skał w kop. węgla kamiennego 1983, zeszyt 7.
- [5] Pomkin K., Karnkowski P., Korab Z., Wilczek T.: Możliwości powstawania węglowodorów w utworach mezozoicznych Niżu Polskiego. Przegląd Geologiczny 1983, nr 8 - 9.
- [6] Poborski Cz., Poborski J.: Z badań nad gazononością skał w kopalniach soli regionu kujawskiego. Przegląd Górniczy 1965, nr 2.
- [7] Poborski J.: Przewrót w poglądach na tektonikę wysadów solnych w regionie kujawskim. Materiały z kolokwium na temat geologii salinarnej w regionie kujawskim. AGH 1971.
- [8] Poborski J., Marek S.: Renesans poszukiwań naftowych na strukturach solnych regionu kujawskiego. Przegląd Geol. 1970, nr 7.
- [9] Poborski J., Ślizowski K.: Geological Prediction of the Mining Feasibility within the Salt Domes of Upper Permian Zechstein, Central Poland. Sixth International Symposium on Salt., Toronto, Prov. Ontario, Canada, 1983. Wyd. Salt Institute, Alexandria, Virginia, USA 1984.

Recenzent: Prof. dr hab inż. Józef Sztelak

Wpłynęło do Redakcji w maju 1985 r.

УГЛЕВОДОРОДЫ В СОЛЯНОЙ СТРУКТУРЕ КЛОДАВЫ

Р е з ю м е

В статье описаны газопроявления в соляном куполе "Клодава", среди которых особое внимание уделено углеводородным газам, а также нефтепроявления.

Охарактеризована геологическая основа этих явлений и методы поисков и оконтуривания нефтегазосных зон.

Приведена геохимическая характеристика углеводородов соляного купола "Клодава" и перечислены выделенные генетические типы битумов и нефтей. Показано, что изучение углеводородных проявлений в аспекте борьбы за безопасность шахты, дает положительные результаты. С другой стороны, по мере развития геохимических исследований, усложняются проблемы поисков углеводородных залежей на соляной структуре Клодавы.

OCCURRENCES OF HYDROCARBONS IN SALT STRUCTURE AT KŁODAWA

S u m m a r y

Occurrences of gases, especially hydrocarbon ones, and oil in the Kłodawa salt dome are discussed. Geological setting of these phenomena are discussed along with methods of studies used in search and delineation of zones of the occurrences.

The paper also presents geochemical characteristics of hydrocarbons found in the Kłodawa dome and the hitherto identified possible genetic types of the recorded bitumens and oils. Results of studies on hydrocarbon occurrences, carried out in order to reduce the related hazards for mining works, are shown to be positive. On the other hand, the developments in geochemical studies show that the question of search for hydrocarbon deposits in area of the Kłodawa salt structure is more complex than hitherto assumed.