

Sejsmiczny i geochemiczny efekt pionowej migracji gazu w strefach tektonicznych złoża Radlin (obszar przedsudecki)

Kaja Pietsch*, Wojciech Strzetelski**

Przedstawiona dla złoże gazu Radlin, zakumulowanego w piaskowcach czerwonego spągowca, zintegrowana interpretacja sejsmiki (system CHARISMA) i powierzchniowego zdjęcia geochemicznego wskazuje na ścisły związek anomalii gazowych z obserwowaną w zapisie sejsmicznym tektoniką oraz anomalii gazowych i anomalii sejsmicznych (kryteria ich identyfikacji opracowano na podstawie modeli sejsmicznych - system GMPlus) z lokalizacją złoża. Zaproponowana metoda może być dodatkową procedurą wykorzystywaną przy podejmowaniu decyzji poszukiwawczych w strefach występowania obniżonej jakości zapisu sejsmicznego, gdzie nie można zastosować do interpretacji złożowej sejsmicznych, bezpośrednich wskaźników węglowodorowości.

Słowa kluczowe: anomalie sejsmiczne, powierzchniowe anomalie gazów węglowodorowych, pionowa migracja gazu, złoże Radlin

Kaja Pietsch & Wojciech Strzetelski — **Seismic and Geochemical Effect of Vertical Gas Migration in Tectonic Zones of Radlin Field (SW Poland).** Prz. Geol., 48: 462–463.

S u m m a r y. Synthetic seismograms (Log M program) and seismic modelling (STRUCT program) using GMPlus system were carried-on in order to recognise the seismic boundaries and establish seismic criteria for "gas chimney" identification from seismic record. The geological interpretation of Radlin gas field accumulated in Rotliegend sandstone (Fore-Sudetic Region, Poland) was made with the data acquired by Geofizyka-Kraków and Geofizyka-Toruń using CHARISMA system (Schlumberger). A strict relation between surface hydrocarbon gas concentration pattern and the fault system has been established. Strong hydrocarbon gas microseepages occurring directly above the fault that seals Radlin gas field agrees with the location of "gas chimney" seismic effect recognised in shallow part of the section (Fig. 1). The position of identifiable "gas chimney" may result from Triassic-Jurassic rocks of higher porosity at shallow depth (above Tm — Muschelkalk) where saturation of gas migrating vertically up is high enough to produce observable effect of seismic velocity decrease. Directly above the gas field pay zone neither seismic record anomalies nor surface hydrocarbon gas microseepages are observed. The "silent zone" over the field itself is surrounded with halo-type anomalies.

Key words: seismic anomalies, surface hydrocarbon gas anomalies, vertical gas migration, Radlin gas field

Zastosowania niekonwencjonalnych metod wspomagających prospekcję naftową ma szczególne znaczenie w strefach obniżonej jakości zapisu sejsmicznego. W takich przypadkach analiza rozkładu powierzchniowych anomalii gazów węglowodorowych oraz identyfikacja anomalnego zapisu sejsmicznego, związanego ze zjawiskiem „kominów dyfuzyjnych”, umożliwia rozpoznanie związku pomiędzy pionową migracją gazu a elementami strukturalno-tektonicznymi, przyczyniając się w ten sposób do ustalenia właściwej lokalizacji złoża gazu.

Przykładem zastosowania zintegrowanej interpretacji wyników badań geologicznych, geochemicznych i sejsmicznych jest strefa złoża gazu ziemnego Radlin, zakumulowanego w piaskowcach czerwonego spągowca w wydłużonej antyklinie przydyslokacyjnej o rozciągłości NW–SE, zamkniętej od SW podłużnym uskokiem przesuwczym (Wolnowski, 1995). Główny uskoki Radlina zapewnia boczne ekranowanie nieprzepuszczalnymi utworami anhydrytu dolnego i soli najstarszych werra, występujących po stronie skrzydła zruconego. Od góry złoże jest uszczelnione utworami ewaporatowymi cechsztynu, ponad którymi występują twory triasu (ok. 1600 m) i jury (do 500 m) przykryte 130–160 m warstwą trzeciorzędu i czwartorzędu.

Istotną przyczyną obniżonej jakości zapisu sejsmicznego są utwory malmu o zmiennej litologii i facji, występujące pod powierzchnią podkenozoiczną, warstwy soli kamiennej w utworach kajpru i cechsztynu oraz ily cechsztyńskie. Dlatego właśnie refleksy podcechsztyńskie są śledzone sporadycznie, co w zasadzie uniemożliwia wykorzystanie bezpośrednich wskaźników węglowodorowości do złożowej interpretacji danych sejsmicznych. Jest więc w pełni uzasadnione poszukiwanie pośredniej metody lokalizacji złoża, poprzez identyfikację sejsmicznych

przejawów wokół złożowej migracji gazu, powiązanych z powierzchniowymi anomaliami węglowodorowymi.

Przyczyn anomalii sejsmicznych w strefach „kominów dyfuzyjnych” należy upatrywać w zmianach prędkości propagacji fal sprężystych zależnych od rodzaju, zmienności fazowej i procentowego udziału medium nasycającego przestrzeń porową (Bała, 1994; Kuster & Toksoz, 1974).

Brak jednoznacznych kryteriów identyfikacji tego rodzaju anomalii w polu falowym (Eliason i in., 1983) był przyczyną pojęcia badań modelowych. Parametry petrofizyczne i geometryczny układ warstw niezbędne do opracowania modeli sejsmogeologicznych uzyskano z pomiarów geofizyki wiertniczej (Geofizyka-Toruń) oraz pomiarów sejsmicznych (Geofizyka-Kraków i Geofizyka-Toruń (Górski, 1995) wykonanych w rejonie Radlin-Kłęka-Witowo.

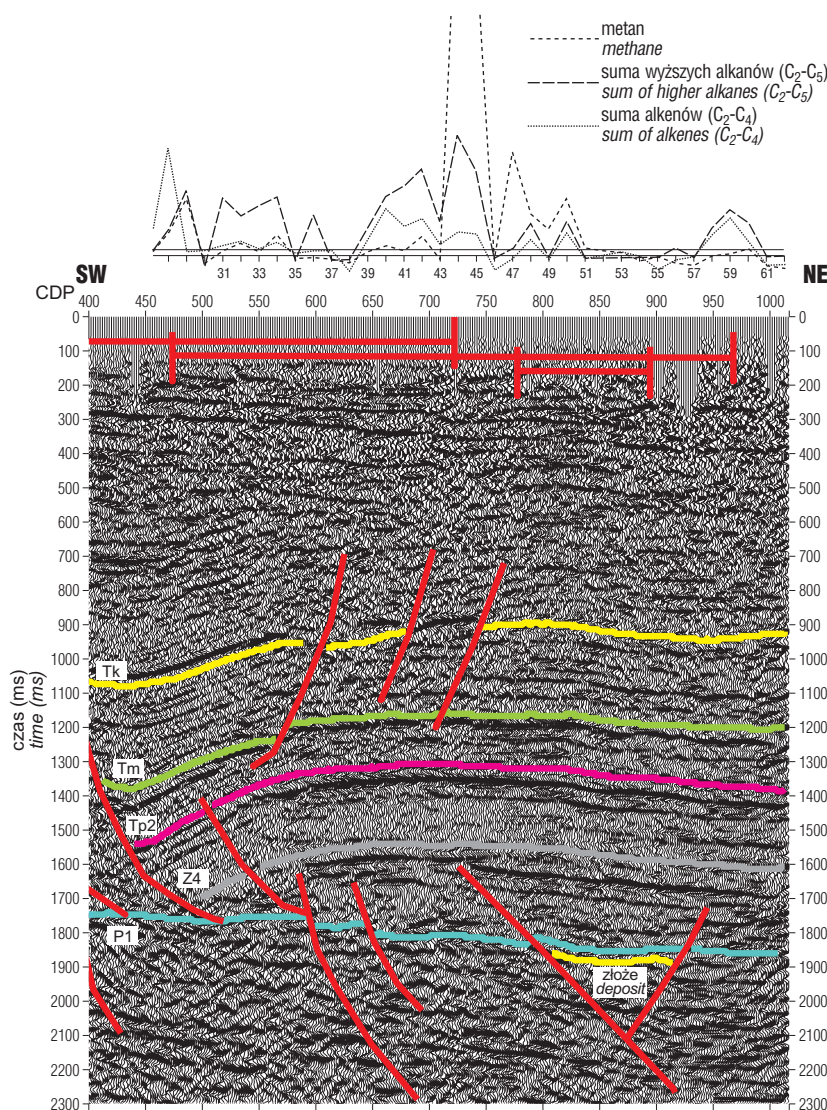
Wpływ parametrów modelu na zapis sejsmiczny oraz geologiczne dowiązanie rejestrowanych granic sejsmicznych wykonano na podstawie seismogramów syntetycznych obliczonych programem Log M w systemie GMPlus. Najbardziej dynamiczne okazały się refleksy związane z warstwami piaskowców (Tk, Tp2, P1), wapieni (Tm), dolomitów (Z2/C2) oraz anhydrytów i soli (Z4).

Podstawą do opracowania kryteriów identyfikacji „sejsmicznych kominów dyfuzyjnych” były teoretyczne sekcje sejsmiczne obliczone dla modeli przy założeniu braku oraz istnienia pionowej migracji gazu. W strefie występowania „komina dyfuzyjnego” przyjęto dwa warianty spadku prędkości wywołanego obecnością gazu w przestrzeni porowej. Do obliczeń pola teoretycznego zastosowano pakiet programów STRUCT (GMPlus). Analiza sekcji teoretycznych wykazuje, że założone drogi migracji gazu zaznaczają się jako strefy przerwania ciągłości granic sejsmicznych, podkreślone występowaniem silnych, chaotycznie ułożonych refleksów oraz fal dyfrakcyjnych. Strefy te są szczególnie dobrze widoczne na sekcjach przetworzonych metodą trasy zespolonej i inwersji sejsmicznej.

Zinterpretowane geologicznie w systemie CHARISMA (Schlumberger) profile sejsmiczne zestawiono z wynikami powierzchniowego zdjęcia gazowego.

*Zakład Geofizyki, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

**Zakład Surowców Energetycznych, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków



Ryc. 1. Złożo gazu Radlin. Przekrój sejsmiczny KO 220993 (fragment) skorelowany z powierzchniowym profilem geochemicznym g—g'

Fig. 1. Radlin Gas Field. Seismic cross-section KO 220993 (segment) correlated with surface geochemical profile g—g'

Powierzchniowe zdjęcie gazowe (ZSE AGH, Kraków, 1993) wykonano w rejonie Radlina wzdłuż linii profili sejsmicznych z krokiem pomiarowym 200 m. Zdjęcie to objęło zmiany koncentracji metanu, sumy wyższych alkanów (C_2-C_5) i sumy alkenów (C_2-C_4). Badania takie, przeprowadzone również w wielu innych rejonach Niżu Polskiego, wykazały głębokie pochodzenie powierzchniowych anomalii gazów węglowodorowych, ich pasmowy układ zgodny z biegiem struktur, a szczególnie związek z charakterem i przebiegiem dyslokacji (Górecki i in., 1995a; 1995b; 1998; Strzetelski 1996).

Przykładem (ryc. 1) jest profil geochemiczny g—g' zestawiony z przekrojem sejsmicznym KO 220993 biegnącym poprzecznie do NW peryklizy struktury gazonośnej Radlina. Potrójny zespół anomalii alkanowych (z hiperanomaliami metanową) oraz alkenowych (p. 39–50) wykazuje oczywisty związek z dyslokacjami, w tym przede wszystkim z głównym uskokiem podłoża ekranującym złożo Radlin. W apogeum wyżej wymienionej anomalii (p. 43–46) bezpośrednio ponad śródczechsżyńskim zakończeniem głównej dyslokacji Radlina widoczna jest anomalia sejsmiczna, wyrażająca się w przerwaniu ciągłości granic sejsmicznych powyżej poziomu wapienia muszlowego Tm (CDP 690–730), którą można uznać za przejaw istnienia od złożowego „komina dyfuzyjnego”. Świadczy to, iż uskok główny stanowi arterię częściowej ucieczki gazu ze złoża ku powierzchni.

Istnienie anomalii sejsmicznej o typie „kominów dyfuzyjnych” w płytkiej części przekroju może wynikać z faktu, że od utworów kajpru począwszy obserwuje się wyraźny wzrost porowatości warstw piaskowcowych (kilkanaście %). Jeżeli przyjąć, że pionowa migracja gazu osiągnęła etap przepływu stacjonarnego, to można założyć, że te większe ilości gazu zgromadzone w przestrzeni porowej warstw pływcej leżących mogą być wystarczające, aby wywołać dostrzegalny sejsmiczny efekt spadku prędkości (Pietsch & Bała, 1996).

Bezpośrednio ponad strefą gazonośną złoża Radlin (ryc. 1) obserwuje się powierzchniową „ciszę geochemiczną” (p. 51–57), a także brak jakichkolwiek anomalnych cech zapisu sejsmicznego, który wskazywałby na pionową migrację gazu wprost od złoża. Świadczy to o istnieniu dobrego uszczelnienia i stanowi regułę powtarzająca się ponad wieloma innymi strukturami gazonośnymi czerwonego spągowca na Niżu Polskim. Strefy ponad złożowej „ciszy węglowodorowej” są okonturowane powierzchniowymi anomaliami gazowymi o typie „halo”, tworzącymi pierścienie otaczający złożo.

Przedstawiona zintegrowana interpretacja sejsmiki i powierzchniowego zdjęcia geochemicznego wskazuje zarówno na ścisły związek anomalii gazowych z obserwowaną w zapisie sejsmicznym tektoniką, jak i na wyraźny związek anomalii gazowych oraz anomalii sejsmicznych z lokalizacją złoża. Zaproponowana więc metoda może stanowić dodatkową procedurę wykorzystywaną przy podejmowaniu decyzji poszukiwawczych.

Przedstawione w referacie badania były finansowane przez Komitet Badań Naukowych, projekt nr 9T12B01011.

Literatura

- BALA M. 1994 — The effect of the water saturation in layers on elastic parameters of rock and reflection coefficients of waves. *Acta Geoph. Pol.*, 2: 149–224.
- ELIASON P.T., DONOVAN T.J. & CHAVEZ P.S. 1983 — Integration of geologic, geochemical and geophysical data of the Cement oil field, Oklahoma, using spatial array processing. *Geophysics*, 48: 1305–1317.
- GÓRSKI M. 1995 — 3-D Seismic Survey — Tool for Documentation of Gas Accumulation, Rotliegendes, Fore-Sudetic Monocline (Radlin Field) — POGC "Oil and Gas News from Poland", 5: 35–46.
- GÓRECKI W., STRZETELSKI W., DZIENIEWICZ M., SECHMAN H. & REICHER B. 1995a — Surface Geochemical Survey of Gas Accumulations in Polish Lowlands — Proc. Conf. 57-th EAGE Glasgow, Scotland: 544.
- GÓRECKI W., STRZETELSKI W., DZIENIEWICZ M. & SECHMAN H. 1995b — Methods and Results of Surface Geochemical Survey as Adopted to Petroleum Exploration in Permian Structures of Polish Lowland — Proc. Conf. "East Meets West", Cracow, Poland, PC-10.
- GÓRECKI W., STRZETELSKI W., DZIENIEWICZ M., SECHMAN H. & SOBON J. 1998 — The Examples of Surface Geochemical Survey over Petroleum Accumulation Zones in Polish Lowlands — Proc. of Conf. "East Meets West", Cracow, Poland, PO-02.
- KUSTER G.T. & TOKSOZ M.N. 1974 — Velocity and attenuation of seismic waves in two-phase media. Part I. Theoretical Formulations. *Geophysics*, 39: 587–606.
- PIETSCH K. & BALA M. 1996 — Badania anomalii sejsmicznych w strefach pionowej migracji gazu. *Prz. Geol.*, 44: 675–683.
- STRZETELSKI W. 1996 — Wykonywanie powierzchniowych badań geochemicznych dla interpretacji głębszej budowy geologicznej. *Mat. Konf. Nauk.-Techn. „Rozwój poszukiwań węglowodorów w północno-zachodniej Polsce w okresie 40-lecia działalności Zakładu Poszukiwania Nafty i Gazu w Pile (1956–1996) oraz perspektywy dalszych odkryć”*, Piła: 85–96.
- WOLNOWSKI T. 1995 — Development of the Radlin Gas Deposit in the Rotliegendes Reservoir — POGC "Oil and Gas News from Poland", 5: 29–34.