

TEKTONICZNE UWARUNKOWANIA LOKALIZACJI I GENEZY ŻŁÓŻ SIARKI W CZARKOWACH I POSĄDZY (ZAPADLIŚKO PRZEDKARPACKIE)

UKD 551.243.1:553.66.061(438–924.51)

Tektoniczna koncepcja powstania złóż siarki na dyslokacjach będących drogami migracji węglowodorów pochodzi od Wawrzyńca Teisseyra (18). Rola dyslokacji (zwłaszcza południkowych) jako dróg migracji bituminów w paleozoiku, mezozoiku i miocenie przedgórze Karpat była wielokrotnie sugerowana (3, 5, 19). Kontynuując rozważania W. Teisseyra, T. Osmólski (13) opracował model tektoniczny dla złóż siarki w Czarkowach i Posądz, zwracając uwagę na zgodność rozciągłości tych złóż z uskokami o kierunkach NW–SE. W najnowszym opracowaniu S. Pawłowskiego et al. (16) dotyczącym tarnobrzeskiego złoża siarki, autorzy zwracają uwagę na znaczenie uskoków o kierunkach NW–SE, których zrzućty wynoszą nawet 150–200 m.

W nowszych pracach dotyczących złóż siarki ukraińskiego przedkarpacia autorzy radzieccy cytują prace badaczy polskich, dzięki czemu w przedstawianych modelach tektonicznych tych złóż zaczyna dominować blokowy styl budowy w odróżnieniu od dotychczas lansowanego modelu fałdowo-fleksuralnego (9). Ważnym stwierdzeniem ogólnym wynikającym z prac autorów radzieckich jest zauważona dwustrefowość występowania złóż siarki w zapadliśku przedkarpackim. Strefa pierwsza odpowiada granicy platformy ukraińskiej z zewnętrzną częścią zapadliśka przedkarpackiego, zaś strefa druga (mniej ważna) – granicy zewnętrznej części zapadliśka z częścią wglębną. Wymienione strefy warunkowane są obecnością rozłamów rozpoznanych głębokimi sondowaniami sejsmicznymi.

Nowe światło na zagadnienia tektoniki polskich złóż siarki rzuciła praca T. Osmólskiego (13), w której po raz pierwszy został przedstawiony model przestrzenny na przykładzie złóż siarki w Czarkowach i Posądz (plan dyslokacji oraz przekroje przez złoża) – wykazany został związek tych złóż ze strukturami zrębowymi. W późniejszych pracach tego autora (14, 15) została przedstawiona ogólna koncepcja genetyczna złóż siarki z podkreśleniem roli czynnika tektonicznego jako mechanizmu typu „pompy ssąco-tłoczącej”. Podążając tropem tych rozważań, autorka starała się zrekonstruować model czasowo-przestrzenny mechanizmu tektonicznego formowania złóż siarki. Początkowo badania prowadzone były (lata 1975–1979) w Instytucie Geologicznym pod kierunkiem doc. dr Tadeusza Osmólskiego, a następnie (lata 1979–1982) w ramach pracy doktorskiej wykonanej na Wydziale Geologii UW pod kierunkiem prof. dr hab. Wojciecha Jaroszewskiego, którym autorka dziękuje za pomoc w zbieraniu materiałów i dyskusję nad zagadnieniami szczegółowymi.

Obecnie autorka prowadzi badania tektoniki złóż siarki wschodniej części zapadliśka przedkarpackiego, o czym ukazały się pierwsze wstępne publikacje (10, 11).

Złoża siarki w Czarkowach i Posądz położone są na dwóch przeciwległych krańcach depresji działoszyckiej, w bezpośrednim sąsiedztwie zrębów: nidziańskiego – złoża Czarkowy i słomnickiego – złoża Posądz, a ściślej na skrzyżowaniu dyslokacji ograniczających te zręby od

strony wschodniej z linią tektoniczną nazwaną przez autorkę linią Proszowice–Kazimierza Wielka–Wiślica, która stanowi północny skraj tzw. strefy Kurdwanów–Zawichost* (oddzielającej obszar tzw. północnej strefy brzeżnej miocenu morskiego od zapadliśka przedkarpackiego – ryc. 1). Złoża siarki w Czarkowach i Posądz występują w wąskich strefach (szerokości 100–200 m) o rozciągłości NW–SE, po wschodniej stronie zrębów kredowych. Strefy te odpowiadają zrotowanym antytetycznie skrzydłom zrzuconym uskoku podłużnych (NW–SE), ograniczających struktury zrębowe zbudowane z utworów kredy (ryc. 2 i 3). Owe stopnie antytetyczne są właśnie pułapkami tektonicznymi, warunkującymi lokalizację złóż siarki.

Jak wynika z obserwacji mezostrukturalnych, antytetyczne rotacje bloków mogą także występować, choć

* Zdaniem autorki (12) termin „linia Zawichost–Kurdwanów” (18) odpowiada na omawianym odcinku strefie tektonicznej o szerokości 10–20 km i rozłamowi wglębnemu rozpoznawanemu na profilu LT-3 GSS przez A. Gutercha et al. (6).

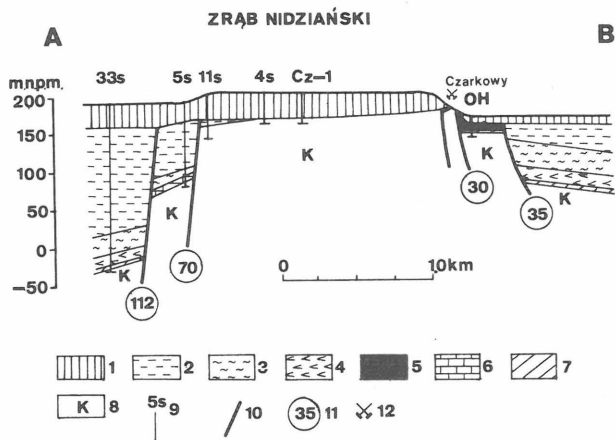


Ryc. 1. Lokalizacja złóż siarki w Czarkowach i Posądz na tle planu strukturalnego. Nazwy jednostek tektonicznych wg autorki (12)

1 – zasięg utworów miocenu, 2 – granica nasunięcia karpackiego, 3 – główne dyslokacje, 4 – linie przekrojów przedstawionych na ryc. 2 i 3, 5 – nieczynne kopalnie siarki

Fig. 1. Location of sulphur deposits at Czarkow and Posadz against a structural plan of the area. Names of tectonic units after the authoress (12)

1 – extent of Miocene deposits, 2 – border of Carpathian overthrust, 3 – main dislocations, 4 – sections presented in Figs. 2 and 3, 5 – abandoned sulphur mines

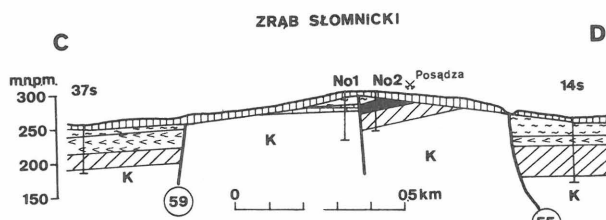


Ryc. 2. Przekrój poprzeczny przez zrąb nidziański

1 – czwartorzęd; trzeciorzęd – miocen: 2 – dolny sarmat – warstwy krakowieckie – iły, 3 – górny baden: 4 – gipsy, 5 – wapień siarkonośne, 6 – wapień płonne, 7 – warstwy podgipsowe; 8 – kreda, 9 – otwór wiertniczy, 10 – uskoki, 11 – wielkość zrzutu uskoku w metrach, obliczona dla spągu gipsów, 12 – nieczynna kopalnia siarki

Fig. 2. Transversal section of Nida Horst

1 – Quaternary; Tertiary – Miocene: 2 – Lower Sarmatian, Krakowiec Beds – clays, 3 – Upper Badenian: 4 – gypsum, 5 – sulphur-bearing limestones, 6 – barren limestones, 7 – subgypsum beds, 8 – Cretaceous, 9 – borehole, 10 – fault, 11 – fault throw in meters calculated for bottom of gypsum, 12 – abandoned sulphur mine



Ryc. 3. Przekrój poprzeczny przez zrąb słomnicki

Objaśnienia jak dla ryc. 2

Fig. 3. Transversal section of Słomniki Horst

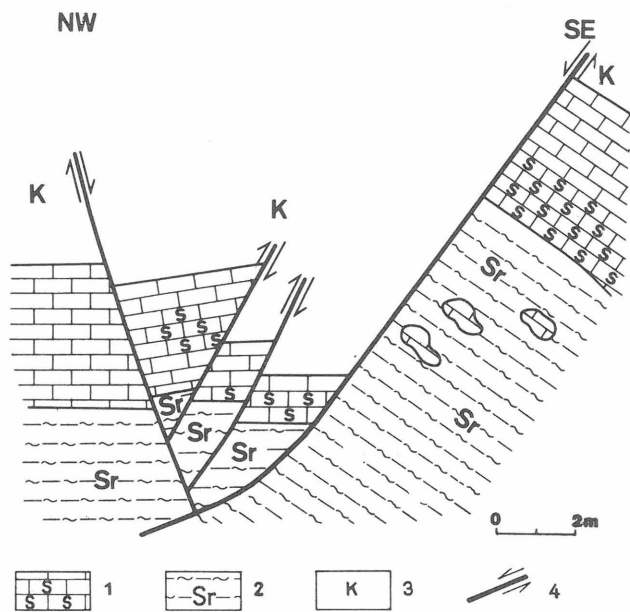
For explanations see Fig. 2

na mniejszą skalę, wzdłuż uskoków poprzecznych (NE–SW).

W obrębie obu grup uskoków (podłużnych i poprzecznych) współwystępują często uskoki: główny i przeciwny, tworząc charakterystyczny układ Y-kształtny; wówczas przestrzeń międzyuskokowa tworzy rów tektoniczny, niekiedy dodatkowo zaburzony wewnątrz uskokami drugiego rzędu (ryc. 4). Fakt występowania antytetycznej rotacji warstw tłumaczy krzywizna uskoków głównych w przekroju, tj. zmniejszanie się ich upadu z głębokością.

Na znaczenie bloków antytetycznych dla koncentracji węglowodorów w zapadlisku przedkarpackim zwrócił wcześniej uwagę A. Kisłowski (8); autor ten główną rolę w utworzeniu stopnia antytetycznych przypisywał uskokom poprzecznym.

Badania wykonane przez autorkę na obszarze Niecki Nidziańskiej wykazały, że dyslokacje podłużne (NW–SE)



Ryc. 4. Odsłonięcie w Czarkowach. Szkic strukturalny

Trzeciorzęd – miocen: baden: 1 – wapień chemiczny (osiarkowane i płonne), 2 – iły strontonośne; kreda – senon: 3 – margle; 4 – uskoki

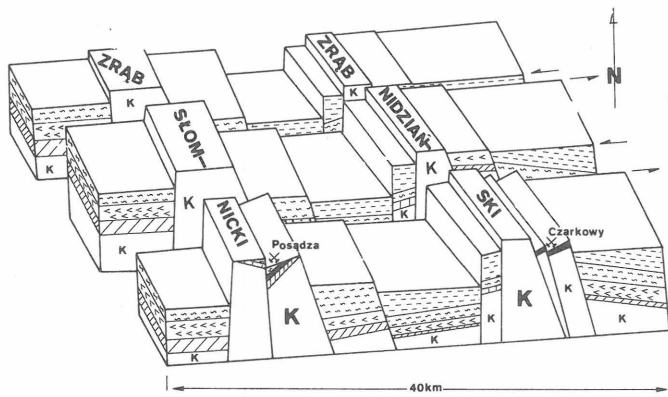
Fig. 4. Exposure at Czarkowy. Structural sketch

Tertiary, Miocene: Badenian: 1 – chemical limestones (with sulphur and barren), 2 – strontium-bearing clays; Cretaceous, Senonian: 3 – marls; 4 – faults

są starsze od dyslokacji poprzecznych (NE–SW i ENE–WSW), wzdłuż których są poprzysuwane.

Aktywność uskoków podłużnych oraz rotacja antytetyczna zrzucanych ich skrzydeł datowana jest na podstawie wieku brekcji sedimentacyjnych i niezgodności kątowych na schyłek badenu (10–12); odpowiada to **pierwszemu etapowi tektonicznemu powstawania złoża siarki**. Utworzone w ten sposób pułapki strukturalne były „przygotowane” na przyjęcie węglowodorów. Jednakże, zdaniem autorki należy przypuszczać, że w tym momencie migracja węglowodorów na większą skalę nie miała miejsca, gdyż uskoki podłużne nie zdradzają objawów silnego rozwarcia szczelin uskokowych, a część z nich nie sięga nawet do podłoża kredowego, będącego zbiornikiem węglowodorów (12). Należy także pamiętać, że w momencie powstania pułapek (koniec badenu) pozbawione one były szczelnego przykrycia płaszczem ilastym, co jest jednym z niezbędnych warunków konserwacji złoża (14). Jeśli więc nawet wędrówka węglowodorów miałaby miejsce w tym czasie, uległyby one rozproszeniu. Dopiero sedimentacja iłów krakowieckich (dolny sarmat), które przykryły górnobadeńskie pułapki tektoniczne, stworzyła sprzyjające warunki dla zabezpieczenia i konserwacji bituminów.

Drugi etap tektoniczny powstawania złóż siarki odpowiada aktywności przesuwczej uskoków poprzecznych, co miało miejsce po dolnym sarmacie. Nastąpiły wówczas znaczne przesunięcia horyzontalne, najczęściej lewostronne (ryc. 5), rzędu 0,5–1 km. Uskoki poprzeczne, silnie rozwarte i sięgające do podłoża, mogły stanowić drogi migracji dla bituminów z podłoża miocenu. Istotny jest zwłaszcza sam mechanizm ruchu tych uskoków. Jak wynika ze współczesnych obserwacji (17), migracja węglowodorów a także przepływ gorących wód na znaczną skalę (10^{10} l/r) odbywa się właśnie wzdłuż aktywnych



Ryc. 5. Model tektoniczny lokalizacji złóż siarki w Czarkowach i Posądzce

Objaśnienia szrafur jak dla ryc. 2

Fig. 5. Tectonic model of location of sulphur deposits at Czarkow and Posądzka

For explanations see Fig. 2

stref translacyjnych. Ruchy przesuwcze uskoków poprzecznych mogły w analogiczny sposób „przepompować” znaczne ilości bituminów występujących w utworach kredy i jury Niecki Nidziańskiej, do pułapek miocenijskich. Tym razem płaszcz ilów krakowieckich zapewniał szczelność pułapek i zapobiegał ich destrukcji. Proces metasomatozy, tj. redukcja gipsów przez węglowodory do siarkowodoru, mógł się rozpocząć w tym momencie.

Trzeci etap tektoniczny powstawania złóż siarki odpowiada ruchom najmłodszym, tj. czwartorzędowym i współczesnym, kiedy to nastąpiło odmłodzenie wszystkich dyslokacji w grawitacyjnym polu naprężeń. W ten sposób został ułatwiony dopływ wód powierzchniowych do strefy złożowej, wód niosących tlen niezbędny dla utleniania siarkowodoru do siarki rodzimej. Tym samym proces formowania się złóż siarki został zakończony.

Złóża siarki w Czarkowach i Posądzce występują po wschodniej stronie struktur zrębowych. Jak wynika z przekrojów (ryc. 2 i 3) przyczyna takiej właśnie lokalizacji złóż tkwi w asymetrii budowy zrębów i struktur przyległych. Zrzuty uskoków ograniczających zrąb nidziański i słomnicki są większe po stronie zachodniej niż po wschodniej, a rotacje warstw mają charakter antytetyczny tylko po stronie wschodniej, przy braku rotacji lub rotacji homotetycznej po stronie zachodniej. Głębiej pogrążone skrzydła zachodnie uskoków ograniczających zręby były zapewne trudniej dostępne dla wód powierzchniowych niż wyżej położone skrzydła wschodnie, co zapewne utrudniło procesy utleniania siarkowodoru po zachodniej stronie zrębów.

Sytuacja strukturalna złóż siarki w Czarkowach i Posądzce wykazuje duże podobieństwo do wystąpień siarki w miocenie obrzeżenia rowu krzeszowickiego (2) i zapadiska górnośląskiego (1). Jak wynika z badań autorki (10, 11) przeprowadzonych w kopalni Machów k. Tarnobrzega, najbogatsze partie złoża są związane z analogicznymi pułapkami, a przeprowadzone obserwacje mezostrukturalne potwierdzają słuszność przedstawionego modelu tektonicznego.

Praktyka ostatnich lat poszukiwań złóż węglowodorów w miocenie i mezozoiku przedkarpackim także dowodzi słuszności hipotezy o lokalizacji złóż w zrotowanych skrzydłach uskoków ograniczających zręby tektoniczne. Zostało stwierdzone, że stosowany dotychczas sposób poszukiwań

węglowodorów na szczytach kulminacji podłoża był błędny, gdyż największe złoża ropy i gazu przedgórze Karpat znajdują się na skłonach tych struktur, a nawet w lokalnych obniżeniach, nie zaś na kulminacjach podłoża (4, 7).

Prowadzone obecnie przez autorkę badania tektoniki tarnobrzeskich złóż siarki mają na celu uściślenie rozpoznania mezostrukturalnego najbogatszych części złóż i porównania budowy strukturalnej różnych złóż siarki występujących w zapadlisku przedkarpackim. Złoża siarki w Czarkowach i Posądzce stanowią przykład modelowy dla takich porównań.

LITERATURA

- Alexandrowicz S.W. — Geologiczne warunki występowania siarki w miocenie okolic Rybnika. Prz. Geol. 1965 nr 6.
- Bogacz K. — O występowaniu siarki w rowie Krzeszowickim. Ibidem 1965 nr 6.
- Burzewski W. — Dyslokacje Przedgórze jako drogi migracji bituminów względnie ekrany złożowe. Spraw. z pos. Kom. PAN 1963 nr 1.
- Cisek B. — Budowa geologiczna miocenu autochtonicznego wschodniej części przedgórze Karpat. Prz. Geol. 1983 nr 12.
- Głogoczowski J.J. — Zagadnienie genezy i migracji gazu ziemnego w miocenie SE części przedgórze Karpat. Ibidem 1976 nr 6.
- Guterch A., Grad M., et al. — Deep structure of the Earth's crust in the contact zone of the Paleozoic and Precambrian platforms and the Carpathian Mts in Poland. Acta Geoph. Pol., 1984 no. 1.
- Jawor E. — Utwory miocenu między Krakowem i Dębicą. Prz. Geol. 1983 nr 12.
- Kisłowski A. — Regionalna tektonika transwersalna w zagadnieniu powstawania koncentracji węglowodorów na przedgórze Karpat. Nafta 1961 nr 1.
- Kityk W.I., Otreszko A.I., Pałkunow W.F. — Strojenije i zakonomiornosti razmieszczenija siernych miestorozhdenij SSSR. AN USSR. Kiew 1979.
- Krysiak Z. — Rola mechanizmów tektonicznych w procesach powstawania złoża siarki w Machowie. Prz. Geol. 1985 nr 1.
- Krysiak Z. — Metodyka badań tektonicznych polskich złóż siarki. Ibidem 1986 nr 7.
- Krysiak Z. — Rozwój tektoniczny południowej części Niecki Nidziańskiej w miocenie. Praca doktorska. Arch. Wydz. Geol. UW. 1986.
- Osmólski T. — Wpływ budowy geologicznej brzeżnych partii niecki działozyskiej na rozwój procesu metasomatozy gipsów miocenijskich. Biul. IG 1972 nr 260.
- Osmólski T. — Kras a geneza złóż siarki w Polsce. Kwart. Geol. 1976 nr 3.
- Osmólski T. — Kras a geneza złóż siarki w Polsce (odpowiedź). Kwart. Geol. 1977 nr 3.
- Pawłowski S., Pawłowska K., Kubica B. — Budowa geologiczna tarnobrzeskiego złoża siarki rodzimej. Prace IG 1985 nr CXIV.
- Sibson R.H., Mc Moor J., Rankin R.H. — Seismic pumping a hydrothermal fluid transport mechanism. Journ. Geol. Soc. Lond. 1975 no. 6.
- Teisseyre W. — Zarys tektoniki porównawczej Podkarpacia. Cz. I. Kosmos nr 46. Lwów 1921.
- Znosko J. — Czy w Polsce odkryjemy wielką ropę? (artykuł polemiczny). Prz. Geol. 1982 nr 1.

Sulphur deposits at Czarkowy and Pośadza are located at two opposite ends of the Działoszyce Depression, at eastern side of Nida Horst (Czarkowy deposit) and Słomniki Horst (Pośadza deposit). Reasons for such location of deposits come from the asymmetric structure of the horsts. Faults that limit them indicate greater throw on their western sides and therefore, chemical deposits occur at larger depths to the west of the horst structures. Due to that, a penetration of surface waters with dissolved oxygen (needed in metasomatism for oxidation of sulphuretted hydrogen into sulphur) was here difficult. Besides, antithetic rotations of beds that result in a formation of tectonic traps, firstly for hydrocarbons and finally for sulphur deposits, are noted only at eastern side of horsts whereas a lack of rotation of beds or their homothetic type occurs in the west. A tectonic spatial model of deposit location depends on a dislocation pattern, composed of two fault assemblages: dip-slip ones of northwest-southeast azimuth and strike-slip as well as oblique slip ones of northeast-southwest and east-northeast—west-southwest azimuths. A tectonic evolution that enabled a formation of deposits, ran in three phases: 1. Upper Badenian one when throws of northwest—southeast faults enabled a development of deposit traps, 2. post-Lower Sarmatian one when shifts of northeast-southwest and east-northeast—west-southwest faults enabled a movement of hydrocarbons from bedrock reservoirs and their "pumping" into the Miocene complex, resulting in a reduction of gypsum into sulphuretted hydrogen, 3. Quaternary one that lasted until recent times, when a whole dislocation system got rejuvenated, inflow of surface waters and oxidation of sulphuretted hydrogen caused a development of native sulphur.

Месторождения серы в Чарковах и Посондзы расположены на двух противоположных концах дялошицкой депрессии, по восточной стороне горстов: нидзянского — месторождение Чарковы и сломницкого — месторождение Посондза. Причиной такого расположения месторождений является ассиметрическое строение горстов. Сбросы ограничивающие оба горсты имеют большие амплитуды по западной стороне и потому химические осадки погружены глубже и западу от горстовых структур. По этой причине проникновение поверхностных вод несущих кислород, необходимый в процессе метасоматоза для окисления сероводорода в серу, было здесь затруднено. Кроме того антитетические ротации пластов, обуславливающие образование тектонических ловушек — сперва для углеводородов, а в последствии для месторождений серы, находятся только по восточной стороне горстов, а по западной стороне ротации пластов отсутствуют или же имеют гомотетический характер. Тектоническая пространственная модель расположения месторождений подчиненная сети дислокаций состоящей из двух комплексов разломов: сбросов с направлением СЗ—ЮВ и сдвигов и сдвиго-сбросов СВ—ЮЗ и ВСВ—ЗЮЗ. Тектоническая эволюция обуславливающая образование месторождений происходила в трёх этапах: 1. верхнебаденский — активность сбросов СЗ—ЮВ — образование пластовых ловушек, 2. после-нижнесарматский — активность сдвигов СВ—ЮЗ и ВСВ—ЗЮЗ — ввод в действие углеводородов из оснований и их „перекачание” в миоцен — редукция гипсов в сероводород, 3. четвертичный, продолжающийся до сегодняшнего дня — омоложение всей сети дислокации — приток поверхностных вод, окисление сероводорода, образование самородной серы.