

Wojciech STRZETELSKI

Charakterystyka szczelinowatości tektonicznej w roponośnej serii piaskowców kwarcytowych kambru środkowego rejonu Żarnowca

Wydzielono i scharakteryzowano systemy kierunkowe pionowych szczelin tektonicznych występujących w piaskowcach kwarcytowych środkowokambryjskich horyzontów roponośnych w rejonie Żarnowca. Prześladowano częstotliwość pojawiania się poszczególnych systemów spękań w profilu pionowym i w poziomie. Przedstawiono ilościowy udział szczelin, sumaryczną powierzchnię szczelin oraz pojemność szczelin w przeliczeniu na 1 m³ skały. Ustalono schemat względnego czasu powstawania kolejnych generacji szczelin tektonicznych na tle rozwoju procesów stylolityzacji i deformacji epigenetycznych.

WSTĘP

W artykule przedstawiono wyniki makroskopowych obserwacji rdzeni pochodzących z roponośnej serii złożowej kambru środkowego w rejonie Żarnowca. Przedmiotem przeprowadzonych badań był rozwój szczelin tektonicznych w obrębie opisywanej serii. Właściwa ocena szczelinowatości piaskowcowo-ilastych utworów kambru środkowego posiada duże znaczenie dla prognozowania perspektyw ropo- i gaznośności na obszarze całej syneklizy perybałtyckiej, ponieważ horyzonty zbiornikowe piaskowców kwarcytowych w Żarnowcu należą do kolektorów typu porowo-szczelinowego lub wręcz szczelinowego.

Szczeliny występujące w skałach zbiornikowych ropy i gazu można podzielić na dwie kategorie: szczeliny litogeniczne i szczeliny tektoniczne. Szczeliny litogeniczne charakteryzują się nierównymi ściankami, nieregularnym przebiegiem i stosunkowo niewielką długością. Szczeliny litogeniczne omijają ziarna mineralne, wypełnione są często substancją ilastą, ilasto-organiczną, kalcytem i dolomitem (E. M. Smiechow, 1974). Do tej grupy szczelin zaliczyć również wypada stylolity, szczeliny kon-

taktowe na granicy wkładek ilastych i piaszczystych oraz krótkie, nieregularne spękania występujące w bardziej ilastych partiach profilu. R. A. Hodgson (1961) wydziela szczeliny litogeniczne jako „niesystematyczne” o przypadkowym ułożeniu.

Szczelinom litogenicznym pojawiającym się w związku z rozwojem procesów stylolityzacji i deformacji epigenetycznych, w utworach kambru środkowego, poświęcono odrębne opracowania (W. Strzetelski, praca w druku). Wydzielono tam następujące typy teksturalne ujęte w chronologicznej kolejności ich powstawania: 1 — mikrostylolity pierwszej generacji i niektóre powierzchnie stylolitopodobne; 2 — mikrostylolity ukośne; 3 — ukośne szczeliny odprężeniowe i slikolity; 4 — poziome szczeliny odprężeniowe; 5 — makrostylolity i mikrostylolity drugiej generacji wraz z powierzchniami stylolitopodobnymi, suturowymi i zdeformowanymi wkładkami ilastymi.

Na tle tekstur i szczelin litogenicznych rozwija się układ szczelin tektonicznych. Szczeliny tektoniczne charakteryzują się większą długością, tworzą konsekwentnie biegnące systemy o regularnej geometrii, a ich płaszczyzny przecinają ziarna mineralne. Szczeliny tektoniczne mają charakter systematyczny, tzn. występują w określonych systemach kierunkowych, w których przebieg szczelin sąsiednich jest równoległy lub prawie równoległy. Powierzchnie szczelin tektonicznych, z reguły równe i prostoliniowe, wykazują co najwyżej lekkie, łukowate zagięcie w planie (R. A. Hodgson, 1961). Występują przeważnie w grupach, po kilka szczelin ułożonych gęsto w wąskiej strefie zwanej strefą zeszczelinowania. Sąsiednie szczeliny tektoniczne leżące w tej samej strefie zeszczelinowania mogą się zastępować w sposób kompensacyjny, tworząc system o układzie kulisowo-naprzemianległym. Strefy zeszczelinowania odległe są od siebie o pewien stały interwał, charakterystyczny dla danego systemu kierunkowego. Interwał ten określa gęstość poziomą takiego systemu. Gęstość albo inaczej intensywność spękań tektonicznych decyduje o własnościach zbiornikowych roponośnej serii piaskowców kwarcytowych kambru środkowego.

METODYKA BADANIA MAKROSZCZELIN TEKTONICZNYCH

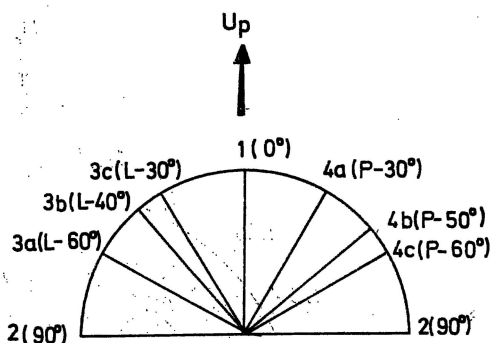
Według W. N. Kałaczewoj i L. D. Knoringa (1965), pionowe szczeliny tektoniczne, biegnące mniej więcej prostopadle do uławicenia, można podzielić na cztery zasadnicze systemy, w zależności od położenia rozciągłości szczelin w stosunku do upadu warstw (fig. 1). Szczeliny biegnące równoległe do upadu warstw wyróżnione zostały jako system 1, prostopadle do upadu warstw — system 2, biegnące na lewo od kierunku upadu — system 3 i biegnące na prawo — system 4. Tego rodzaju wygodny sposób geometrycznej klasyfikacji szczelin został przyjęty przy analizie rozwoju szczelin tektonicznych w piaskowcowo-ilastej serii kambru środkowego.

Na fig. 1 przedstawiono typowe kierunki szczelin stwierdzone w utworach kambryjskich. Konieczne było również wydzielenie podsystemów w obrębie systemów kierunkowych 3 i 4. Są to: 4a, 4b, 4c, na prawo od kierunku upadu warstw; oraz 3c, 3b, 3a, na lewo od kierunku upadu.

Fig. 1. Systemy kierunkowe pionowych makroszczelin tektonicznych w piaskowcach kambru środkowego
Direction systems of vertical tectonic macrofissures in Middle Cambrian sandstones

W nawiasach podano kąty rozciągłości szczelin liczone w lewo lub w prawo od kierunku warstw; Up — kierunek upadu warstw

Strike of fissures measured to the left or right from the direction of dip of beds given in brackets; Up — direction of dip of beds



W obu wypadkach liczy się zawsze kąt ostry, jaki tworzy bieg szczeliny z kierunkiem upadu warstw.

Pionowe szczeliny tektoniczne tworzą pary systemów, mniej więcej prostopadłych do siebie i powiązanych genetycznie ze sobą. Należy przypuszczać, że systemy o wzajemnie prostopadłych biegach powstawały w tym samym czasie. Tego rodzaju pary prostopadłych systemów szczelin tworzą generacje, wyrażające się określonym stosunkiem wiekowym do innych par systemów. Tak więc pary systemów: 1 + 2, 3a + 4a, 3b + 4b, 3c + 4c tworzą cztery generacje wiekowe.

Kąt zawarty między dwoma systemami należącymi do tej samej generacji szczelin zależy od własności fizycznych ośrodka i rośnie wraz z przejściem od skał plastycznych do kruchych (tj. od ilów do piaskowców). Zatem w piaskowcach kwarcytowych kąt ten jest najbardziej zbliżony do 90°. Kąt biegu danego systemu szczelin w stosunku do kierunku upadu warstw pozostaje stały (E. N. Smiechow, 1974), zaś wszystkie wydzielone systemy szczelin mogą występować zarówno na małych, jak i na dużych głębokościach, przy czym ich przestrzenne ułożenie nie ulega zasadniczym zmianom w profilu pionowym (W. N. Kałaczewa, 1970). Ponieważ kąty wzajemnego położenia systemów szczelin są na ogół stałe i charakterystyczne dla danego obszaru (R. A. Hodgson, 1961), dlatego też wykonano zbiorczy diagram kołowy częstotliwości spękań pionowych obserwowanych w rejonie Żarnowca w profilach trzech wierceń: Żarnowiec 1, 1a, 4 (fig. 2).

Na diagramie tym wydzielono poszczególne systemy kierunkowe, przy czym częstotliwość szczelin liczone w interwałach co 15° na lewo i na prawo od kierunku upadu warstw. Oprócz kierunków biegu szczelin, mierzono również ich upad pionowy, szerokość i długość oraz odstęp i częstotliwość występowania w poziomie. Pod pojęciem odstępu poziomego rozumie się odległość pomiędzy sąsiednimi szczelinami tego samego systemu, mierzona na poziomym przekroju rdzenia. Gęstość poziomą szczelin ustalono jako ilość szczelin danego systemu przypadająca na średnicę przekroju kołowego rdzenia. Śledzono ponadto stopień i charakter wypełnienia szczelin oraz notowano objawy bitumiczne towarzyszące spękanom tektonicznym. Szczególną uwagę zwrócono na sposób wzajemnego przecinania się szczelin tektonicznych oraz na ich stosunek do szczelin i tekstur litogenicznych, w celu wyjaśnienia kolejności powstawania poszczególnych systemów i generacji.

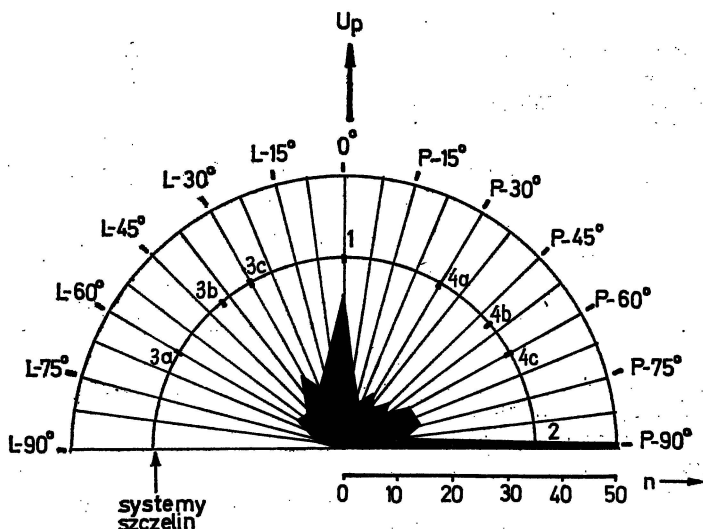


Fig. 2. Diagram kołowy rozkładu częstotliwości występowania makroszczelin tektonicznych w piaskowcach kambru środkowego rejonu Żarnowca

Circular diagramme of distribution of frequency of tectonic macrofissures in Middle Cambrian sandstones from the Żarnowiec area

n — ilość szczelin obserwowanych w rdzeniu
n — number of fissures counted in core material

ROZWÓJ SZCZELINOWATOŚCI TEKTONICZNEJ

Biorąc pod uwagę wielkość upadu szczelin tektonicznych można je z grubsza podzielić na dwie grupy: pionowe i poziome. Do grupy poziomych zaliczono szczeliny, których kąt upadu waha się w granicach 0—45°. Należą do nich przede wszystkim szczeliny odprężeniowe i szczeliny ukośne. W grupie szczelin określonych umownie jako „pionowe” znalazły się spękania tektoniczne o kącie upadu 45—90°.

Częstotliwość występowania szczelin poziomych i pionowych oraz mikroksylolitów śledzona była w profilu pionowym i zestawiona na wykresach. Na fig. 3 przedstawiono wykres zmian zeszczelinowania w profilu wiercenia Żarnowiec IG-4. Wynika z niego m. in., że objawy roponośności w horyzontach piaskowców kwarcytowych kambru wiążą się z podwyższoną częstotliwością występowania szczelin poziomych i ukośnych (fig. 3b). Średnie tło częstości tych szczelin oscyluje wokół wartości 10 szczelin/1 m rdzenia, podczas gdy w horyzontach roponośnych częstotliwość wzrasta do ok. 25—30/m, a nawet 40—50/m.

Śledzono również zmienność występowania pionowych szczelin tektonicznych (fig. 3c), gdzie wartości tła wynoszą ok. 2—5/m, zaś w horyzontach złożowych gęstość tych szczelin wzrasta średnio do 10—15/m sięgając nawet 25—30/m rdzenia. Charakterystyczny jest jednak przede

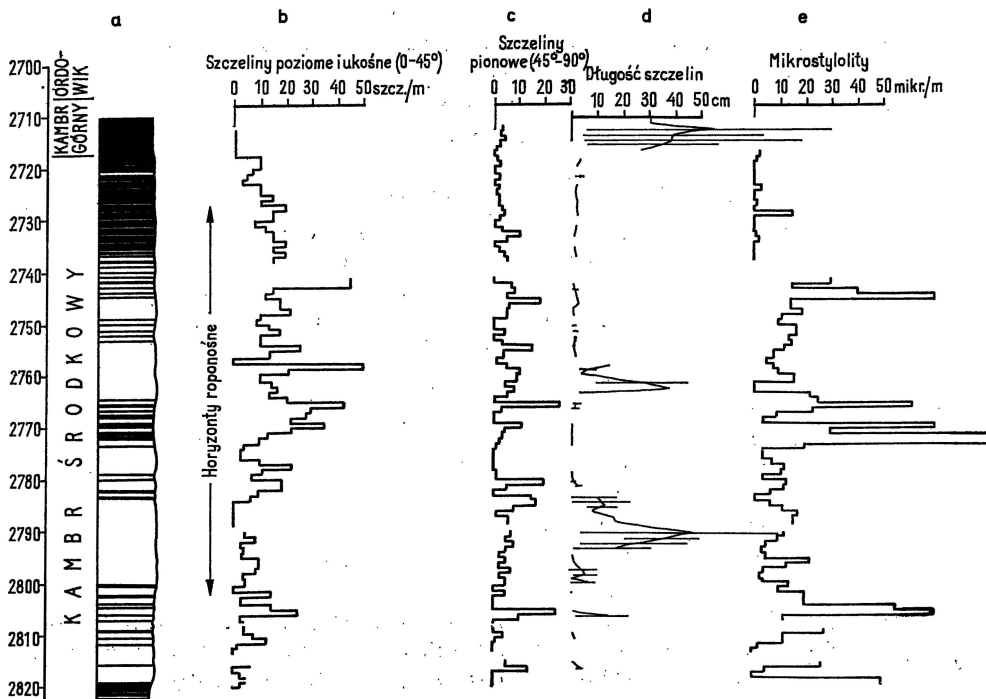


Fig. 3. Profil rozkładu szczelinowatości w pionie dla serii kambru środkowego w otworze wiertniczym Żarnowiec IG-4

Profile of vertical distribution of fissurity in Middle Cambrian of the borehole Żarnowiec IG-4

a — profil litostratigraficzny (udział ilowców zaznaczono czarną barwą dla każdego metra rdzenia); b — ilość szczelin poziomych i ukośnych (o upadzie 0° – 45°) liczona na 1 m rdzenia; c — ilość szczelin pionowych (o upadzie 45° – 90°) liczona na 1 m rdzenia; d — średnia długość szczelin pionowych w cm; e — ilość mikrostylolitów liczona na 1 m rdzenia

a — lithostratigraphic profile (black — contribution of claystones in each meter of core); b — number of vertical and oblique (dip from 0° to 45°) fissures per 1 m of core; c — number of vertical fissures (dip from 45° to 90°) per 1 m of core; d — mean length of vertical fissures (in cm); e — number of microstylolites per 1 m of core

wszystkim wzrost długości pionowych szczelin tektonicznych (fig. 3d) w partiach zbiornikowych (W. Strzelicki, praca w druku). O ile bowiem średnie długości szczelin pionowych wzdłuż tła wykresu wynoszą ok. 5 cm, o tyle w interwałach złożowych długość ta rośnie do 20–50 cm. Horyzonty zbiornikowe piaskowców kambryjskich cechują się również nasileniem występowania mikrostylolitów od ok. 5/m rdzenia w tle do ok. 15/m, a często 20–100/m w obrębie piaskowców roponośnych (fig. 3e).

Rozkład kierunkowy pionowych szczelin tektonicznych przedstawiono na zbiorczym diagramie kołowym (fig. 2), na którym wydzielono systemy: 1, 2, 3 i 4, wśród których zarysowują się wyraźne podsystemy: 3a, 3b oraz 4a, 4b, a także: 3c i 4c. Częstotliwość występowania szczelin w wymienionych systemach przeliczono na sumaryczną objętość zbadanych odcinków rdzeni i na tej podstawie określono ilość szczelin tektonicznych przypadających na m^3 skały. Została ona zdefiniowana jako

Tabela 1

Ilościowa gęstość pionowych makroszczelin tektonicznych w rejonie Żarnowca

$$\left[\frac{\text{ilość szczelin}}{1 \text{ m}^3 \text{ skały}} \right]$$

System kierunkowy szczelin	Otwory wiertnicze			Średnio
	Żarnowiec IG-1A	Żarnowiec IG-1	Żarnowiec IG-4	
1	262	270	99	210
2	104	363	723	396
3	50	403	118	190
3a	—	176	23	—
3b	—	227	23	—
3c	—	—	72	—
4	312	307	270	296
4a	50	227	49	—
4b	130	80	99	—
4c	132	—	122	—

ilościowa gęstość szczelin i przedstawiona w tabeli 1. Jak wynika z tabeli 1, najczęściej pojawiają się szczeliny pionowe systemu 2 (396 szczelin/m³) oraz szczeliny systemu 4 (296/m³). Rzadziej natomiast występują szczeliny systemu 1 (210/m³) oraz szczeliny systemu 3 (190/m³).

Biorąc pod uwagę średnią powierzchnię szczelin pionowych w danym systemie obliczono sumaryczną powierzchnię szczelin pionowych, przypadającą na 1 m³ skały i podano jako objętościową gęstość szczelin (tab. 2). Obję-

Tabela 2

Gęstość objętościowa i sumaryczna pojemność pionowych makroszczelin tektonicznych w rejonie Żarnowca

Otwory wiertnicze	Gęstość objętośc. szczelin w profilu [m ² /m ³]	Sumaryczna pojemność szczelin [m ³ /m ³ × 10 ⁻⁶]	Sumaryczna pojemność szczelin [w %]
Żarnowiec IG-1A	5,270	1570	0,15
Żarnowiec IG-1	7,509	1004	0,10
Żarnowiec IG-4	12,036	950	0,095

tościowa gęstość szczelin osiąga największą wartość w otworze Żarnowiec IG-4 (ok. 12 m²/m³), co zgadza się z silnymi przejawami roponośności w tym profilu. Uwzględniając średnią rozwartość szczelin poszczególnych systemów, obliczono sumaryczną pojemność szczelin przypadającą na 1 m³ objętości skały (tab. 2). Wartość ta okazuje się być największa w profilu Żarnowiec 1A (1570 × 10⁻⁶ m³/m³), co stanowi ok. 0,15% pojemności szczelin w skale, wyrażonej w procentach porowatości.

SYSTEMY KIERUNKOWE WŚRÓD PIONOWYCH SZCZELIN TEKTONICZNYCH

Poniżej przedstawia się krótką charakterystykę pionowych szczelin tektonicznych, typowych dla każdego z najczęściej obserwowanych systemów kierunkowych:

S y s t e m 1. Rozciągłość 0° szczelin¹, upad szczelin 85° , rozwartość: najczęściej 0,05—0,15 mm, rzadziej 0,1—0,25 mm i lokalnie do 0,5 mm. Na ogół zabliźnione całkowicie lub częściowo kwarcem, niekiedy niezabliźnione, sporadyczne ślady węglowodorów. Długość szczelin wynosi co najmniej 15 cm, często 20—40 cm, a nawet do 50 cm. Przebieg pionowy nieco chwiejny, charakter tenzyjny, czasem zastępują się kulisowo w strefie zeszczelinowania, tworząc odcinki o długości 20—25 cm. Wzdłuż biegu szczelin powstają liczne kawerny z rozpuszczania o szerokości do 1 mm. Zaobserwowano, że pionowe szczeliny tektoniczne systemu 1 są młodsze od stylolitów pierwszej generacji oraz starsze od szczelin odprężeniowych, szczelin systemu 3a i systemu 4 oraz od stylolitów drugiej generacji.

S y s t e m 2. Rozciągłość 90° , upad szczelin 80° — 90° , w szerszych granicach 75° — 90° , sporadycznie 60° . Rozwartość najczęściej 0,05—0,1 mm, lokalnie do 0,5 mm. Czasami wzdłuż biegu szczelin tworzą się lokalne kawerny o rozmiarach $2\text{--}4 \times 0,2\text{--}1,0$ mm. Szczeliny pozostają na ogół niezabliźnione lub częściowo pokryte cienką warstewką kwarcu. Przynajmniej w 50% przypadków szczeliny te noszą liczne ślady węglowodorów. Średnia obserwowana długość szczelin wynosi 20—30 cm, dochodzi do 70 cm. Przebieg pionowy na ogół nieregularny, zadziorowaty lub kulisowy. W tym ostatnim przypadku odcinki szczelin o długości 3—10 cm, a nawet 10—25 cm zastępują się kompensacyjnie przy przesunięciu równoległym szczelin o 1—8 mm. Częstotliwość pozioma szczelin wynosi 1—2/10 cm, niekiedy nawet 4/10 cm. Odstępy poziome: 6, 8, 9, 12, 17, 20 mm. Stwierdzono, że szczeliny tektoniczne systemu 2 są młodsze od stylolitów pierwszej generacji i starsze od poziomych szczelin odprężeniowych, szczelin pionowych systemu 4a oraz od stylolitów drugiej generacji.

S y s t e m 3a. Rozciągłość L- 62° , upad szczelin 80° — 85° , w szerszych granicach 75° — 90° . Rozwartość 0,1—0,3 mm, na ogół zabliźnione kwarcem. Długość co najmniej 10—20 cm. Gęstość pozioma 2—3/10 cm. Odstępy poziome: 18 i 47 mm. Stwierdzono, że szczeliny systemu 3a są młodsze od szczelin systemu 1 i starsze od stylolitów drugiej generacji.

S y s t e m 4a. Rozciągłość P- 30° — 40° , upad szczelin 80° — 90° . Rozwartość: 0,05—0,1 mm, lokalnie do 0,2 mm. Szczeliny są niezabliźnione lub zabliźnione kwarcem, niekiedy syderitem. Często widoczne naloty węglowodorowe. Obserwowana długość szczelin wynosi najczęściej 10—20 cm, a niekiedy do 60 cm. Przebieg nieco nieregularny, ułożenie kulisowe w pionie, gdzie kolejne zastępujące się odcinki szczelin przesunięte są równolegle o 0,5—5 mm. Częstotliwość pozioma wynosi 1—2/6,5 cm.

¹ Pod pojęciem rozciągłości szczelin rozumie się kąt ostry zawarty między kierunkiem upadu warstw a biegiem szczelin, mierzony w lewo (np. L- 60°) lub w prawo (np. P- 60°) w stosunku do kierunku upadu warstw.

Stwierdzono, że szczeliny systemu 4a są młodsze od stylolitów pierwszej generacji, młodsze od szczelin systemu 1 i 2 oraz od poziomych szczelin odprężeniowych. Szczeliny systemu 4a są najprawdopodobniej także młodsze od systemu 3.

S y s t e m 3b. Rozciągłość L-40°, upad ok. 80°—90°, szerokość 0,1 mm, średnia obserwowana długość ok. 2 cm.

S y s t e m 4b. Rozciągłość P-50°, upad 90°, rozwartość szczelin 0,1—0,2 mm, lokalnie do 0,5 mm. Szczeliny są na ogół niezabliźnione, długość od 3 cm do co najmniej 17 cm, przebieg lekko chwiejny, zadziorowaty. Częstotliwość pozioma: 1—2/6,5 cm. W niektórych wypadkach stwierdzono, że szczeliny systemu 4b są starsze od szczelin systemu 1 i od szczelin odprężeniowych, co nie zgadza się z ogólnym schematem następstwa wiekowego i może być spowodowane odnawianiem się szczelin opisywanego systemu.

Udało się również zidentyfikować szczeliny systemu 3c i 4c, których udział jest podrzędny. Szczeliny systemu 3c mają rozciągłość L-30°, upad 80°—90°, ich rozwartość wynosi średnio 0,15 mm, są niezabliźnione lub pokryte węglowodorami, długość szczelin: ok. 25 cm, odstęp poziomy: 13 mm, średnia częstotliwość pozioma: 1—2/6,5 cm. Szczeliny systemu 4c mają rozciągłość P-60°, upad 80°—90°, szerokość 0,07 mm. Zabliźnione są kwarcem lub bituminami. Średnia długość szczelin wynosi ok. 15 cm.

WNIOSKI

Wśród pionowych szczelin tektonicznych występujących w obrębie roponośnej, piaskowcowo-ilastej serii kambru środkowego rejonu Żarnowca można wyróżnić sześć zasadniczych systemów spękań, oznaczonych symbolami: 1, 2, 3a, 3b, 4a, 4b, biegnących pod różnymi kątami w prawo lub w lewo od kierunku upadu warstw. Kąty te wynoszą odpowiednio: 0°, 90°, L-60°, L-40°, P-30°, P-50° („L” — oznacza „w lewo”, „P” — oznacza „w prawo”). Podrzędnie występują także szczeliny systemu 3c i 4c o rozciągłości L-30° i P-60°.

Najczęściej pojawiają się szczeliny systemu 2, równoległe do biegu warstw (ok. 400 szczelin/m³ skały) oraz systemu 4 (ok. 300 szczelin/m³ skały). Rzadziej natomiast występują szczeliny systemu 1, o biegu równoległym do upadu warstw (ok. 200/m³) oraz szczeliny systemu 3 (ok. 200/m³). Tak więc dla rejonu Żarnowca stopień zeszczelinowania kambryjskiej serii złożowej wyraża się liczbą 1000—1100 szczelin tektonicznych w 1 m³ skały. Sumaryczna powierzchnia tych szczelin w przeliczeniu na 1 m³ skały waha się od 5 do 12 m²/m³, co odpowiada pojemności szczelinowej wyrażonej w procentach porowatości w granicach 0,10—0,15%. Cyfry te nie obejmują poziomych szczelin odprężeniowych.

W profilu pionowym zaznacza się charakterystyczny wzrost częstotliwości występowania szczelin ukośnych i mikrostylolitów oraz wzrost długości pionowych szczelin tektonicznych w obrębie horyzontów zbiornikowych. Najbardziej intensywne ślady węglowodorów obserwuje się w pionowych szczelinach tektonicznych systemu 2 (tj. równoległych do biegu warstw).

Na podstawie obserwacji wzajemnego przecinania się poszczególnych systemów szczelin tektonicznych oraz pionowych szczelin tektonicznych ze szczelinami poziomymi, ukośnymi oraz stylolitami pierwszej i drugiej generacji, można ustalić następujący schemat chronologicznej kolejności powstawania wymienionych elementów: 1 — mikrostylolity pierwszej generacji; 2 — generacja systemów szczelin pionowych (1 + 2); 3 — szczeliny, stylolity i powierzchnie slikolitowe ukośne; 4 — poziome szczeliny odprężeniowe; 5 — generacje systemów szczelin pionowych (3a + 4a, 3b + 4b); 6 — makrostylolity drugiej generacji.

Międzyresortowy Instytut
Geofizyki Stosowanej i Geologii Naftowej AGH
Kraków, Al. Mickiewicza 30
Nadesłano dnia 21 października 1976 r.

PIŚMIENNICTWO

- HODGSON R. A. (1961) — Regional study of jointing in Comb Ridge, Navajo Mountain Area, Arizona and Utah. Bull. AAPG, 45, no 1.
- STRZETELSKI W. (w druku) — Rozwój procesów stylolityzacji i deformacji epigenetycznych w aspekcie roponośności piaskowców kwarcytowych kambru środkowego w rejonie Żarnowca. Roczn. Pol. Tow. Geol. Kraków.
- STRZETELSKI W. (w druku) — Związek pomiędzy szczelinowością skał zbiornikowych a ich rozwojem litofacjalnym. Spraw. Pos. Kom. Nauk Geol. PAN.
- КАЛАЧЕВА В. Н., КНОРИНГ Л. Д. (1965) — Закономерности развития трещиноватости на структурах различного типа. Тр. ВНИГРИ, вып. 242. Москва.
- КАЛАЧЕВА В. Н. (1970) — Некоторые данные о развитии трещиноватости горных пород на глубине. Тр. ВНИГРИ, вып. 290. Москва.
- СМЕХОВ Э. М. (1974) — Теоретические и методические основы поисков трещинных коллекторов нефти и газа. Изд. Недр. Ленинград.

Войцех СТЖЕТЕЛЬСКИ

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ НЕФТЕНОСНОЙ СЕРИИ КВАРЦИТОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ СРЕДНЕГО КЕМБРИЯ В РАЙОНЕ ЖАРНОВЕЦ

Резюме

В статье рассмотрено образование вертикальных тектонических трещин, имеющих место в нефтеносных кварцитовых песчаниках среднего кембрия в районе Жарновец (север Польши). Выделены направленные системы вертикальных тектонических трещин в зави-

симости от угла простирания трещин по отношению к направлению падения пластов (L — влево, P — вправо от направления падения).

Эти системы обозначены номерами: 1 (параллельные падению пластов), 2 (параллельные простиранию пластов), 3a (L — 60°), 3b (L — 40°), 4a (P — 30°), 4b (P — 50°). Второстепенное значение имеют трещины системы 3c (L — 30°) и 4c (P — 60°) — см. фиг. 1, а также фиг. 2. Чаще всего встречаются трещины системы 2 (400 трещин/м³ породы), а также системы 4 (300 трещин/м³ породы).

Для нефтяного месторождения Жарновец, степень трещиноватости песчаников коллектора выражается количеством 1000—1100 тектонических трещин в 1 м³ породы. Суммарная поверхность этих трещин в 1 м³ породы колеблется от 5 до 12 м²/м³, что соответствует емкости трещин, выраженной в процентах пористости, равной 0,10—0,15%. Эти цифры не охватывают ни горизонтальных декомпрессионных трещин, ни литогенетических трещин.

В вертикальном разрезе (фиг. 3) в пределах коллекторских горизонтов, наблюдается характерное увеличение количества косых трещин (фиг. 3b) микростилолитов (фиг. 3e) а также удлинение вертикальных тектонических трещин (фиг. 3d).

Наиболее интенсивные признаки углеводородов наблюдаются вдоль вертикальных тектонических трещин системы 2 (параллельных простиранию пластов).

Основываясь на наблюдениях способа взаимного пересечения отдельных систем тектонических трещин, а также вертикальных тектонических трещин с горизонтальными косыми трещинами и стилолитами первой и в торой генерации, явилась возможность установить следующую схему хронологической очередности образования указанных текстур: 1 — микростилолиты первой генерации; 2 — генерация систем вертикальных трещин (1 + 2); 3 — трещины, стилолиты и стилолитовые косые поверхности; 4 — горизонтальные декомпрессионные трещины; 5 — генерация систем вертикальных трещин (3a + 4a, 3b + 4b); 6 — микростилолиты второй генерации. Стилолиты: декомпрессионные трещины были описаны в других работах автора.

Wojciech STRZETELSKI

THE CHARACTERISTICS OF TECTONIC FISSURITY OF OIL-BEARING MIDDLE CAMBRIAN QUARTZITIC SANDSTONE SERIES FROM THE ŻARNOWIEC AREA

Summary

The development of vertical tectonic fissures cutting oil-bearing quartzitic sandstones of the Middle Cambrian age from the Żarnowiec area (northern Poland) is discussed. Depending on the value of strike of a fissure measured in relation to strike of beds (L — to the left and P — to the right in relation to the dip direction), the vertical tectonic fissures are assigned to the following direction systems: 1 (fissures parallel to dip of beds), 2 (parallel to strike of beds), 3a (L — 60°), 3b (L — 40°), 3c (L — 30°), 4a (P — 30°), 4b (P — 50°), 4c (P — 60°). The fissures most common here are those of the systems 2 and 4 (300 and 400 fissures per cubic meter of rock, respectively) whilst those of the systems 1 and 3 are somewhat less common (200 fissures per cubic meter of rock). Fissures of the

systems 3c and 4c occur in subordinate numbers (see Figs. 1, 2). It follows that the degree of fissurity equals 1000—1100 fissures per cubic meter of rock for sandstones of reservoir series of the Żarnowiec oil field. The summative surface of these fissures from one cubic meter of rock ranges from 5 to 12 m², which corresponds to fissure capacity equal 0.10—0.15% of porosity. These values do not refer to horizontal fissures from relaxation nor lithogenic fissures.

The vertical profile (Fig. 3) displays a characteristic increase in frequency of oblique fissures (Fig. 3b) and microstylolites (Fig. 3e) and increase in length of vertical tectonic fissures (Fig. 3d) in reservoir horizons.

The most intense traces of hydrocarbons are found along vertical tectonic fissures of the system 2 (fissures parallel to strike of beds).

The analysis of the mode of intersecting of tectonic fissures representing different systems as well as of vertical tectonic fissures with horizontal or oblique fissures or stylolites of the first or second generation made it possible to establish the time sequence of origin of these textures: 1 — microstylolites of the first generation; 2 — vertical fissures systems (1 + 2); 3 — oblique fissures, stylolites and sliolitic surfaces; 4 horizontal relaxation fissures; 5 — vertical fissures systems (3a + 4a, 3b + 4b); and 6 — macrostylolites of the second generation. Stylolites and relaxation fissures were discussed in other papers of the present author.