

## Komunikaty

GRZEGORZ CZAPOWSKI\*, KAZIMIERZ ŚLIZOWSKI\*\*

\* Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa; e-mail: grzegorz.czapowski@pgi.gov.pl

\*\* Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, PAN, Kraków, e-mail: slizow@min-pan.krakow.pl

### Stan rozpoznania niezagospodarowanych wysadów solnych w Polsce: optymizm czy problem?

Słowa kluczowe: wysady solne, rozpoznanie geologiczne, Polska

Wysadowe struktury solne na obszarze NW i centralnej Polski (31 stwierdzone wysady w tym: 11 wysadów przebijających się przez utwory mezozoiku i 20 struktur nie przebijających – Garlicki, Szybist 1988; Dadlez 1998) od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku rozpatrywane były jako potencjalne obiekty do lokalizacji podziemnych kwernowych magazynów paliw (gazu, ropy i benzyn, np. Brańka i in. 2006) bądź bezpiecznych składowisk niebezpiecznych odpadów. Dotychczas magazyny wybudowano (bądź wykorzystano w tym celu poeksploatacyjne kawerny) w dwu wysadach: Mogilno i Góra na Kujawach (Drogowski, Tadych 2006). Po uwzględnieniu innych struktur już zagospodarowanych górniczo (podziemne kopalnie w wysadach: Wapno, Inowrocław i Kłodawa) pozostaje jeszcze 26 niezagospodarowanych struktur wysadowych (rys. 1; tab. 1), rozmieszczonych od okolic Świnoujścia po rejon Łodzi i Bełchatowa (Czapowski i in. 2006). Znajomość obecnego stanu rozpoznania tych wysadów ma fundamentalne znaczenie dla planowania polityki budowy bezpiecznych podziemnych magazynów paliw jako obiektów operacyjnych dla potrzeb aglomeracji miejsko-przemysłowych lub magazynów rezerwowych.

W znacznej części (11) wysadów (rys. 1) stwierdzono zaleganie zwierciadła solnego na głębokości powyżej 1500 m (grupa III – tab. 1), co obecnie eliminuje je lub znacznie ogranicza wykorzystanie jako potencjalne obiekty zbiornikowe. Wysady te rozpoznano w latach czterdziestych do siedemdziesiątych ubiegłego wieku, głównie w toku prowadzenia regionalnych badań geofizycznych i odwiercaniu otworów w poszukiwaniu złóż węglowodorów. Dane wiertnicze (zwykle 1–3 otwory nad strukturą i w jej otoczeniu, maksymalnie 14 w przypadku 2 diapirów w okolicach Kamienia Pomorskiego) dokumentują warunki

występowania serii solnej na 10 wysadach, brak jednak dla tych form generalnie dokładniejszego rozpoznania obszaru występowania i budowy.

Trzy wysady: dwa w rejonie Wolina i wysad Grzęzno (grupa II, rys. 1), rozpoznane wstępnie badaniami geofizycznymi i wykonanymi otworami wiertniczymi, charakteryzuje występowanie zwierciadła solnego na głębokości 1000–1500 m (tab. 1), co pozwala je rozważać jako potencjalne obiekty zbiornikowe lub magazynowe.

Jako korzystne obiekty zbiornikowe kwalifikuje się w świetle obecnych możliwości technicznych 7 struktur (Goleniów, Damasławek, Izbica Kujawska, Lubień, Łanięta, Rogóźno i Dębina – rys. 1; grupa I – tab. 1) rozpoznanych w latach pięćdziesiątych do sześćdziesiątych ubiegłego wieku badaniami geofizycznymi i otworami wiertniczymi,



Rys. 1. Lokalizacja struktur solnych na obszarze Polski (wg Garlicki i Szybist 1988, uzupełnione)  
 1 – obecny zasięg występowania utworów ewaporatowych górnego permu (cechsztynu) w Polsce;  
 2 – wysady solne; 3 – poduszki i antykliny solne

Fig. 1. Location of the salt structures in Poland (after Garlicki & Szybist 1988, supplemented)  
 1 – present-day extent of the Upper Permian (Zechstein) evaporates; 2 – salt diapir;  
 3 – salt pillows and anticlines

TABELA 1

Stopień rozpoznania geologicznego niezagospodarowanych wydajów solnych w Polsce  
(dane zasobowe wg Gientka i in. 2007)

TABLE 1

State of geological recognition of the unmanaged salt diapirs in Poland  
(resource data after Gientka et al. 2007)

Nazwa struktury solnej (wysadu) Name of salt structure	Wymiary/ Powierzchnia [km/km <sup>2</sup> ] Size/Area	Głębokość występowania zwierciadła solnego [m] Depth of salt mirror	Wykonane otwory wiertnicze Drilled boreholes	Rozpoznanie geofizyczne Geophysical data			Kategoria udokumentowania [rok] Category of documentation [year]	Zasoby geologiczne [10 <sup>6</sup> Mg] Geological resources
				profile sejsmiczne seismic profiles	opracowania sejsmiczne seismic expertises	opracowania grawimetryczne gravimetric expertises		
GRUPA I (głębokość zwierciadła soli/salt mirror depth ≤ 1000 m)								
Goleniów	4,5×2,0/9,0	888,0	1	5	9	10	1962*	–
Damasławek	3,5×5,5/16,5	446,0–538,8	14	11	7	20	C2 (1983)	17 690,43
Izbica Kujawska	2,0×4,0/8,0	224,5–556,5	8	20	5	20	1955*	–
Lubień	2,0×2,5/3,7	303,0–441,6	15	20	7	19	C2 (1956); C1 (1979)	4 070,84
Łanięta	3,3×3,7/9,5	235,4–282,5	16	20	10	10	C2 (1964); C1 (1980)	2 127,00
Rogóżno	4,0×6,7/21,0	325,0–427,0	182	6	3	24	C2 (1963)	8 612,00
Dębina	0,6×0,8/0,5	169,3–215,0	4	89	4	16	1964*	–
GRUPA II (głębokość zwierciadła soli/salt mirror depth 1000–1500 m)								
Wolin (x3)	3,0×1,0; 3,5×1,5; 3,0×1,5	1325,0–2626,5	15	6	6	10	1988*	–
Grzęzno	3,5×1,5	1432,5	5	25	4	14	1967*	–
GRUPA II (głębokość zwierciadła soli/salt mirror depth >1500 m)								
Mmiędzyzdroje (Przytór)	2,0×2,5	1502,1–1830,0	3	–	–	–	1971*	–
Kamiień Pomorski (X2)	3,0×1,5	2067,0–2563,0	6	63	19	9	1988*	–
Wysoka Kamińska	2,5×1,5	213,5–2435,0	14	–	23	15	1988*	–
Drawno	4,0×5,0	2095,0	5	33	9	13	1956*	–
Człopa	9,0×46,0	1569,0–2718,0	3	22	5	14	1970–72*	–
Janowiec	8,5×7,0	2972,0	1	–	–	–	1988*	–
Barcin-Zalesie (B-Z)	11,0×3,5	ca. 2000,0	–	–	–	–	1938–39*	–
Strzelno	7,0×5,0	1985,0–2449,0	2	–	–	–	1988*	–
Gopło	42,0×5,0	2412,0	1	23	6	20	1988*	–
Łęczycza	–	1626,0	1	–	–	–	1988*	–

x2 – liczba słupów solnych w strukturze, C1, C2 – kategorie udokumentowania złoża soli; 1971\* – rok rozpoznania struktury bądź przedstawienia kartograficznego, puste pola – brak danych.

w których zwierciadło solne zalega na głębokości do 1000 m (Czapowski i in. 2005). Formy te lokują się głównie na Kujawach i obszarze łódzko-radomskim, jedynie Goleniów występuje w okolicach Szczecina (rys. 1). Trzy wysady: Goleniów, Izbica Kujawska i Dębina (rys. 1), zostały rozpoznane wstępnie, jedynie na strukturze Dębina zlokalizowanej w centrum złoża węgla brunatnego Bełchatów prowadzono w 2000 roku badania sejsmiczne pod nadzorem Państwowego Instytutu Geologicznego. Pozostałe 4 wysady (rys. 1), odkryte w latach trzydziestych do czterdziestych (Lubień i Łanięta) i pięćdziesiątych do sześćdziesiątych ubiegłego wieku (Damasławek i Rogóżno), zostały rozpoznane na tyle, że posiadają złożowe dokumentacje w kategoriach C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub> (do głębokości 1000–1800 m), wykonane w latach 1965–1983 (tab. 1). Obecnie najlepiej rozpoznaną strukturą jest Damasławek (dokumentacja geologiczna z 1983 roku oraz prace geologiczno-geofizyczne w latach 1997–2001). Na pozostałych trzech wysadach od ponad ćwierćwiecza (Rogóżno – 1963 r., Lubień – 1979 r. i Łanięta – 1980 r.) nie prowadzono systematycznych badań geologicznych dla rozpoznania ich budowy.

Reasumując: stan rozpoznania wysadów solnych w Polsce – rozważanych jako potencjalne obiekty do lokalizacji kawernowych magazynów paliw – jest generalnie słaby, dane odnośnie ich budowy pochodzą sprzed blisko pół wieku i są często powierzchowne (mała dokładność stosowanych wówczas metod badawczych i interpretacyjnych). Wyjątkiem jest wysad Damasławek (dokumentacja geologiczna z 1983 roku i kompleksowe badania na przełomie wieku). Dla podjęcia decyzji o lokalizacji zbiorników w innych strukturach, wymagającej dokładnego rozpoznania obszaru występowania i budowy każdej formy, niezbędne jest rozpoczęcie jak najszybciej systematycznych badań geologicznych wytypowanych wysadów.

**RECOGNITION OF THE UNMANAGED SALT DIAPIRS IN POLAND:  
SATISFACTION OR A REAL PROBLEM?**

**Key words:** salt domes, geological recognition, Poland

Diapir salt structures (31) in NW and central Poland were considered from 70thies of XX century as potential localities of underground oil and gas storages or safety depositories for dangerous wastes. Hitherto the hydrocarbons storages were build only in two structures: Mogilno and Góra in Kujawy region. Except three other managed diapirs (salt mines in Wapno, Inowrocław and Kłodawa) the remained 26 unmanaged structures, located from Świnoujście to Łódź and Bełchatów area (fig. 1), could be the perspective objects for construction of oil and gas storages to provide needs of nearest city and industrial agglomerations.

Geological recognition indicated that in 11 diapirs the salt mirror was located below 1500 m (group III – tab. 1) so actually it excluded them as a potential storage, as well as the few well and seismic data made their extent and form very unclear. Other 3 diapirs: two ones nearby Wolin and the Grzęzno structure (fig. 1), with the salt mirror depth between 1000 m to 1500 m (group II – tab. 1), are more favorable for such management but they were very preliminary recognized.

Actual mining techniques enable to manage as gas and oil storages the seven salt diapirs (Goleniów, Damasławek, Izbica Kujawska, Lubień, Łanięta, Rogóżno and Dębina – fig. 1; group I – tab. 1), located mostly in Kujawy and Łódź-Radom regions (only Goleniów diapir is nearby Szczecin). They were discovered in 50–60-thies

with seismic and well works and their salt mirror is less than 1000 m deep. Three diapirs: Goleniów, Izbica Kujawska and Dębina, were preliminary recognized, the remained four ones, discovered in 30–40-thies (Lubień and Łanięta) and 50–60-thies (Damasławek and Rogóżno), had detailed geological documentations from 1965–1983, with salt resources calculations to the depth 1000–1800 m.

Actually the Damasławek diapir is the best recognized structure with the almost new geological documentation (1983) and realized geological-seismic prospection in 1997–2001.

Concluding – the geological recognition of most unmanaged salt diapirs in Poland, being fundamental for their future management, is very insufficient. Data of their structure and extent are old (over 50 years) and imprecise due to used old seismic techniques. So to plan location of oil and gas storages in the some selected diapirs should be preceded with the completely new geological recognition.

#### LITERATURA

- Brańka S., Jawor E., Lankof L., Maciejewski A., Mazur M., Ney R., Pisiewicz T., Rogowska E., Ślizowski J., Ślizowski K., Urbańczyk K., Wiśniewska M., 2006 – Ocena możliwości magazynowania substancji w złożach soli kamiennej. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, ss. 286, Kraków 2006.
- Czapowski G., Burliga S., Kasiński J.R., Krzywiec P., Polechońska O., Tomassi-Morawiec H., Wilkosz P., Wróbel G., 2006 – Geologia niezagospodarowanych permskich wysadowych struktur solnych na obszarze Niziu Polskiego – aktualny stan wiedzy. *Prz. Geol.*, vol. 54, no 4, s. 302–303. Warszawa.
- Czapowski G., Kasiński J., Krzywiec P., Polechońska O., Tomassi-Morawiec H., Wróbel G., Burliga S., Wilkosz P., 2005 – Ocena złóż solnych w rejonie Pomorza i Kujaw pod kątem ich przydatności do eksploatacji metodą otworową. Opracowanie dla IKS. SOLINO S.A., 101 ss., PIG Warszawa.
- Dadlez R., (ed.), 1998 – Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na Niziu Polskim w skali 1:500 000, PIG Warszawa.
- Drogowski J., Tadych J., 2006 – Budowa geologiczna i zagospodarowanie wysadów solnych „Mogilno I” i „Góra” – stan aktualny i perspektywy. *Prz. Geol.*, vol. 54, nr 4, s. 306. Warszawa.
- Garlicki A., Szybiński A., 1988 – Charakterystyka przemysłu solnego w Polsce i jego możliwości produkcyjne z uwzględnieniem rozszerzenia zasobów o sól występującą jako surowiec towarzyszący w złożach innych kopalni. Zadanie w ramach tematu CPBR nr 1.7.12.B, 134 ss. AGH, Kraków.
- Gientka M., Malon A., Tymiński M., (eds), 2007 – Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce według stanu na 31.XII.2006 r. 451 ss, PIG, Warszawa.



GRZEGORZ CZAPOWSKI\*, HANNA TOMASSI-MORAWIEC\*,  
GRZEGORZ MISIEK\*\*

\* Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa; e-mail: grzegorz.czapowski/hanna.tomassi-morawiec@pgi.gov.pl

\*\* KSK „Kłodawa”, Kłodawa; e-mail: geologia@sol-klodawa.com.pl

## Podział i występowanie górnopermskich skał zubrowych w Polsce

Słowa kluczowe: skały zubrowe, górny perm, Polska

Wysoka zdolność sorpcji radionuklidów przez skały solne typu zubrów (Brzóska 2005), powoduje ostatnio wzrost zainteresowania tymi utworami jako potencjalnym ośrodkiem skalnym dla lokalizacji bezpiecznych składowisk odpadów promieniotwórczych. Zubrem *sensu stricto* jest skała o udziale  $\text{H}_2\text{O}$  od 15 do 85% (patrz Poborski 1959; Ryka, Maliszewska 1982); skały o jego mniejszej zawartości to „sole ilaste/zailone”, zaś o wyższej – „ilty solne” (Stasik 1988). W praktyce „zubrem” nazywane są generalnie skały zdominowane przez pelit ilasty (niekiedy będące nawet łem solnym), zaś w badaniach regionalnych, gdy wyróżniane są na podstawie interpretacji geofizycznych całe ogniwa litostratygraficzne, termin „zuber” określa typ ogniwa, złożonego zazwyczaj z całego kompleksu warstw o różnej litologii, z dominacją skał mieszanych solno-ilastych (np. Wagner 1994). Właściwe zatem wydaje się używanie w generalnych rozważaniach ogólnikowego pojęcia „skały zubrowe” (nie precyzującego proporcji składu i genezy skały).

Utwory zubrowe występujące wśród ewaporatów górnopermskich (cechszyńskich) mają łączną miąższość 320–400 m (Wagner 1994) i są wyróżniane jako jednostki litostratygraficzne wobec braku szczątków makro- i mikrofauny oraz skąpej mikroflory (np. Wagner 2001). Występujące na rozległym obszarze obniżenia środkowopolskiego skały zubrowe związane są z dwoma najmłodszymi cyklotemami – PZ3 i PZ4 (np. Wagner 1986, 1994, 1997, 2001) i stanowią około 11% miąższości całego piętra (którego grubość w części osiowej basenu permskiego w Polsce jest oceniana na ok. 2300 m). Położenie zubrów w stropowej części całego profilu polskiego cechsztynu powoduje, że pojawiają się one jako silnie zaburzone tektonicznie kompleksy skalne w stropowych partiach pni wysadów solnych, często bezpośrednio pod czapą wysadu.

Generalnie w osiowej części zanikającego dawnego zbiornika górnoczechszyńskiego w Polsce wyróżniono (Wagner 1994) strefę tzw. „basenu zubrowego” (w której koncentrowała się depozycja utworów zubrowych) i jej otoczenie. Szeregu subcykli cyklu PZ4 przypisano (Wagner 1994) liczne ogniwa zubrów, wydzielone lokalnie (otwory wiertnicze) w strefie „basenu zubrowego”, których łączną grubość szacuje się na 250–300 m. Nazwy, miąższości, występowanie i wzajemne relacje wyróżnianych jednostek „zubrowych” ukazuje tabela.

Cykle/cyklotemy cechsztynu w Polsce Zechstein cycles/cyclothem in Poland		Jednostki litostratygraficzne utworów zubrowychy (miąższość w m) Zuber lithostratigraphic units (thickness in metres)			
		„Basen Zubrowy” „Zuber Basin”			Obrzeże basenu Evaporate basin margin
		Niż Polski Polish Lowland	wysad Kłodawa Kłodawa diapir		
<b>PZ4</b>	<b>PZ4e</b>	ogniwo/unit Nakła [ON; 3,0–21,5 m; 3 otw./wells]	formacja/ formation Piławy [FP; 79,0–128,5 m; 3 otw./wells]	zuber czerwony/ hematytowyRed Zuber [Na4t; 120–160 m]	najmłodsza sól kamienna ilasta Youngest Clayey Halite [Na4ast; 1–33 m; 29 otw.]
	<b>PZ4d</b>	ogniwo/unit Wałcza [OW; 28,5–82,0 m; 3 otw./wells]			
		ogniwo/unit Jastrowia [OJ; 3,0–14,5 m; 3 otw./wells]			
	<b>PZ4c</b>	ogniwo/unit Piły [OP; 5,5–26,5 m; 2 otw./wells]			
		ogniwo/unit Złotowa [OZ; 5,5–13,5 m; 2 otw./wells]			
	<b>PZ4b</b>	formacja/formation Iny [FI; 7,0–18,0 m; 3 otw./wells]	formacja/ formation Korytnicy [FK; 77–78 m]		
		ogniwo/unit Mirosławca [OM; 36,0–52,0 m; 3 otw./wells]			
	<b>PZ4a</b>	ogniwo/unit Kluczewa [OKL; 14,0–30,0 m; 3 otw./wells]			
ogniwo/unit Drawna [OD; 23 m; 1 otw./well]					
<b>PZ3</b>	ogniwo/unit Tuczna [OTU; 37–73 m]	formacja/ formation Gwdy [FG; 24,0 m]	zuber brunatny Brownish Zuber [T3b/Na3t; 150–180 m]	młodsza sól kamienna ilasta/zailona Younger Clayey Halite [Na3t; 1–70 m]	

Kartowany w wyrobiskach kopalni soli Kłodawa w wysadzie włodawskim kompleks/ /ogniwo *zubru brunatnego* (T3b, Na3t – Burliga i in. 1995), miąższości 150–180 m, jest odpowiednikiem *młodszej soli kamiennej ilastej* (Na3t) i *ogniwa Tuczna* (OTU). Budują go sole ilaste o zmiennej zawartości ilu i halitu, pakiety sprasowanych iłowców oraz przeławiczenia soli kamiennej różowej. Kompleks ten składa się z dwóch części (np. Czapowski i in. 2002, z literaturą): dolnej (głównie sole warstwowane z rzadkimi wkładkami typowych zubrów i iłowców), wyróżnionej jako „zuber brunatny warstwowany” (Na3t<sub>1</sub>) o grubości 20–40 m, oraz górnej (beztęksturalne, masywne zubry, przewarstwione iłowcami i wkładkami soli różowej), określonej jako „zuber brunatny beztęksturalny” (Na3t<sub>2</sub>) o miąższości 80–120 m, będącej optymalnym kompleksem skalnym do badań warunków składowania odpadów promieniotwórczych.

Występujący w wysadzie włodawskim kompleks *zubru czerwonego* (bądź *hematytowego*, Na4t), uznawany za odpowiednik formacji Korytnicy i Piławy (Burliga i in. 1995), osiąga grubość rzędu 250–300 m, wynikającą zapewne z powtórzeń tektonicznych. Jego pierwotna miąższość szacowana jest na 120–160 m, zbudowany jest ze skał iłowo-solnych barwy czerwonej, silnie spękanych tektonicznie (liczne brekcje solno-ilaste). W części stropowej występują iłowce margliste z cienkimi przerostami i konkrekcjami węglanów i anhydrytu.

Złożony skład litologiczny kompleksów zubrowych (od halitytów przez sole zailone, po iły solne i iły), zmienna miąższość i lokalny zasięg występowania powodują znaczny subiektywizm ich wydzielenia w profilach otworów i wyrobiskach. Rozróżnienie skał zubrowych, powstałych w cyklu PZ3 i najniższej części cyklu PZ4 od utworów młodszych jest często możliwe w oparciu o zawartość bromu, znacząco niższą w tych ostatnich (Czapowski i in. 2002; Tomassi-Morawiec i Czapowski 2006).

#### DIVISION AND OCCURRENCE OF UPPER PERMIAN ZUBER ROCKS IN POLAND

Key words: zuber rocks, Upper Permian, Poland

High sorption ability of radionuclides by the zuber salt rocks favors them as an optimum rock environ for location of safety depository for radioactive wastes. Zuber *sensu stricto* is a mixed salt-clay rock with a clay matter content from 15% to 85%, less content characterized a “clayey rock salt” but a higher one – a “salty clay”. Practically a „zuber” term is used for salt rocks dominated by clay matter and in the regional studies as “zuber rocks” are defined complexes of salt and clay rocks, distinguished mainly by log data.

Zuber rocks, occurred within the Upper Permian (Zechstein) evaporites in the mid-Poland depression, with a total thickness of 320–400 m, were distinguished as lithostratigraphic units (lack of fauna and flora markers). They correspond to the two top Zechstein cyclothems – PZ3 and PZ4 and equal 11% of whole stage thickness. Such top position in the Zechstein profile caused their common occurrence as highly recognized units within the top of salt diapir trunks, directly below the caprock.

Generally zuber rocks deposition has concentrated in the axial part of declining Upper Zechstein evaporate basin (a “zuber basin”), where several “zuber” lithostratigraphic units of various thickness, interbedded with salt, clay and anhydrite units, were locally distinguished (Table). In the basin margins due to a limited deposition such subdivision is difficult and only single zuber series were defined (see – the table with zuber unit names, thickness and occurrence data).

Zuber rocks were best studied in the Kłodawa salt mine located in the Kłodawa salt diapir. Two main zuber series were defined mostly by a dominant color: the Brownish Zuber (T3b, Na3t), 150–180 m thick, belonged to the top of PZ3 cyclothem, and younger the Red Zuber (Na4t), 250–300 m thick (primary thickness is ca. 120–160 m) dated as PZ4 cyclothem. Both series are composed of rock salt, clayey rock salt, zuber s.s., and claystone interbeds, but the Red Zuber is highly tectonized, with numerous salt-clay breccia beds. Distinction of both zuber series, locally quite difficult due to varied colors, is based by bromine content, significantly lower in the younger series. The complex of structureless zuber rocks, 80–120 m thick (defined as a „brownish structureless zuber” subunit), distinguished within the Brownish Zuber series, is recommended as the most favorable rock environ for studies of radioactive waste storage.

## LITERATURA

- Brzóska G., Dudała J., Gilewicz-Wolter J., Janeczek J., Kasprzyk W., Lankof L., Łukaszewski P., Ochoński A., Pawlikowski M., Pinińska J., Przewłocki K., Ślizowski J., Ślizowski K., 2005 – Badania laboratoryjne zubrów (iłowców solnych) dla oceny możliwości składowania odpadów promieniotwórczych w polskich wysadach solnych. 107 ss. Wydaw. IGSMiE PAN, Kraków.
- Burliga S., Kolonko P., Misiek G., Czapowski G., 1995 – Kłodawa Salt Mine. Upper Permian (Zechstein) profile from basin center, salt tectonics, mineral transformations, salt mining problems. XIII International Congress on Carboniferous-Permian Guide to Excursion A3, p. 45–54. Wydaw. PIG, Warszawa.
- Czapowski G., Langer-Kuźniar A., Peryt T.M., Tomassi-Morawiec H., Starnawska E., Fijałkowska-Mader A., Cebulak S., Misiek G., Kolonko P., Kowalewicz W.M., Wowniuk S., Bukowski K., Tobała T., Skowroński L., Dobroszycka T., 2002 – Geneza zubrów cechsztynu (górnym perm) z obszaru Polski. Projekt nr 9T12B 00219, 138 ss. KBN, Warszawa.
- Poborski J., 1959 – Skąły solne na tle ogólnej klasyfikacji skał. Zesz. Nauk. AGH. z.3, ss. 73–79.
- Ryka W., Maliszewska A., 1982 – Słownik petrograficzny. 403 ss. Warszawa.
- Stasiak I., 1988 – W sprawie nomenklatury, terminologii i nazewnictwa skał solnych. Prz. Geol., vol. 36, nr 5, s. 294–297. Warszawa.
- Tomassi-Morawiec H., Czapowski G., 2006 – Brom w skałach ilasto-solnych cechsztynu Polski. Prz. Geol., vol. 54, nr 6. s. 488–495. Warszawa.
- Wagner R., 1986 – Problemy formalnej litostratygrafii cyklotemów ewaporatowych na przykładzie cechsztynu. Prz. Geol., vol. 34, no 5, s. 250–254. Warszawa.
- Wagner R., 1994 – Stratygrafia i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. Prace PIG, t. 146, 71 ss. Warszawa.
- Wagner R., 1997 – Perm górny (cechsztyń). W: S. Marek, M. Pajchłowa (eds). Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. Prace PIG, t. 153, s. 63–82. Warszawa.
- Wagner R., 2001 – Pozycja stratygraficzna Permu polskiego w standardowej skali chronostratygraficznej. W: M. Pajchłowa, R. Wagner (eds), Budowa geologiczna Polski, Tom III. Atlas skamieniałości, część 1c – z. 3. Młodszy paleozoik. Perm, s. 19–24. Warszawa.



WIKTORIA TREFILAWA\*, JULIANA WARNEL\*\*, WITALI KUTYRLO\*\*

\* Białoruski Uniwersytet Państwowy. Mińsk, Białoruś; e-mail: vika\_trefa@tut.by

\*\* Białoruski Naukowo-Badawczy i Projektowo-Konstrukcyjny Instytut Przemysłu Górniczego i Chemicznego, Mińsk, Białoruś; e-mail: vital2000@tut.by

## Gazoność serii solnej Griemiaczinskiego złoża soli potasowej (Rosja)

Słowa kluczowe: sole potasowe, zjawiska gazodynamiczne, Griemiaczinskie złożo, Rosja

Rozpoznanie Griemiaczinskiego złoża soli potasowych, zlokalizowanego w Federacji Rosyjskiej na terytorium Kotielnikowskiego rejonu w okręgu Wołgogradzkim, rozpoczęto w roku 2006. Do chwili obecnej stwierdzono, że pokłady sylwinitowe o grubości od 1,5 do 30 m, związane z dolnopermską (Kungur) formacją solonośną występują na głębokościach od 1000 do 1300 m. Surowcem użytecznym jest sylwinit o zawartości KCl wahającej się w granicach 35–42%. Surowiec ten jakościowo nie ustępuje solom potasowym pochodzącym ze złóż białoruskich. Wysoka jakość, znaczne zasoby i korzystne warunki transportowo-ekonomiczne złoża pozwalają w najbliższym czasie na bazie tego surowca uruchomić produkcję chlorkowych i bezchlorkowych nawozów potasowych. Jednakże podziemne prace górnicze utrudnić mogą zjawiska gazodynamiczne związane z procesami postsedymentacyjnymi. Zjawiska takie występują praktycznie we wszystkich potasowych złożach świata, dlatego prognozowanie gazoności serii solonośnej jest niezwykle istotne dla zapewnienia bezpiecznego przygotowania i rozpoczęcia eksploatacji złoża Griemiaczinskiego.

Kungurska seria solonośna dolnego permu składa się głównie z homogenicznie wykształconych chlorków i siarczanów (sole kamienne, anhydryty) i w mniejszym stopniu, z dolomitów i halopelitów. Występuje na głębokościach od 900–1400 m i przykryta jest terygenicznymi osadami piermo-triasu, kredy, paleogenu, neogenu i czwartorzędu.

W obrębie solonośnej serii złożowej gazy występują w postaci związanej lub są rozsiane w charakterze mikroinkluzji, w strukturach porowych w stanie absorbowanym, czy też w stanie wolnym wypełniając jamy, pustki i pęknięcia w skałach. W procesie wiercenia otworów (strukturalnych, poszukiwawczych i rozpoznawczych) w obrębie serii solonośnej zjawisk gazodynamicznych nie stwierdzono.

### 1. Metodyka

Autorzy wykonali obróbkę standardową metodą geostatystyczną roboczych (polowych) materiałów pochodzących z karotażu gazowego (Померанц 1982). Dla prognozowania gazodynamicznego zagrożenia w warunkach intensywnych prac górniczych wykorzystywana była metoda litologiczno-facjalna dość szczegółowo opisywana w literaturze naukowej (Прошляков, Кузнецов 1981; Куртыло 2007). Przy pomocy karotażu gazowego można było zbadać skład objętościowy gazów, przede wszystkim węglowodorów, wy-

stępujących w mieszaninie gazowej. Skład ten otrzymywano w wyniku odgazowania płuczki wiertniczej. W otworach 8, 9, 11 i 13 badania te prowadzono za pomocą automatycznej stacji gazokarotażowej AKGS-4AC, wyposażonej w chromatograf z progami czułości ustawionym dla węglowodorów i wynoszącym  $10^{-4}$  i czasem cyklu wynoszącym 2 minuty. W otworze 12 analogiczne badania składu gazowego przeprowadzono za pomocą aparatury SGK-k. Oprócz tego, w otworze 13 przeprowadzono karotaż gazowy po wykonaniu wiercenia; wyniki pokazały co pozostaje w otworze w płuczce jako efekt dyfuzyjnych procesów tła.

## 2. Wyniki badań

Podstawowymi początkowymi parametrami są sumaryczne wskazania zawartości gazu ( $\Sigma$  g) i sumaryczna zawartość węglowodorów gazowych ( $\Sigma$  wg) gazów: CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>. Wyniki polowe gazometrii zostały przedstawione w tabeli 1.

TABELA 1

Wyniki badań gazometrycznych

TABLE 1

Results of gasometric examinations

	Otwory wiertnicze				
	nr 8	nr 9	nr 11	nr 12	nr 13
Interwał prowadzenia gazometrii [m]	945–1055	130–1071	694–1210	970–1230	110–1258
Interwały, w których zauważono występowanie węglowodorów [m]	960–982 994–1004	873–874 958–961 990–992 1002–1032	1112–1122	1112–1178	nie
Skład węglowodorów według danych gazometrycznych	CH <sub>4</sub> 95–97% C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 3–5%	CH <sub>4</sub> 96–98% C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 2–4%	CH <sub>4</sub> 96–98% C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 2–4%	CH <sub>4</sub> 97–98%	CH <sub>4</sub> 99%

Praktyka dowodzi, że powszechnie stosowany w rozpoznaniu złóż ropy i gazu, karotaż gazowy wnosi niewiele informacji w przypadku geologii osadów solnych. Podczas prowadzenia karotażu gazowego w automatycznym trybie rejestrowane są nieznaczne koncentracje węglowodorów gazowych (głównie metanu), przy czym wydzielenie w gazowej mieszaninie niepalnych gazów (azotu, dwutlenku węgla) jest niezwykle utrudnione. Stosowana metodyka nie pozwala także określić natury anomalii gazowych i ilościowo ocenić zawartości gazów w skale.

W warunkach kameralnych przeprowadzono wstępną interpretację wyników karotażu gazowego. Określono lokalne zawartości przekraczające tło i anomalne zawartości węglowodorów gazowych w każdym otworze (tab. 2).

TABELA 2

Stratygraficzne dane karotażu gazowego dla otworów nr 8, 9, 11, 12, 13

TABLE 2

The stratigraphic data of gas logging for boreholes no 8, 9, 11, 12, 13

Wskaźniki	Średnie dla otw. 8, 9, 11, 13 [%]		Średnie dla otworu 12 [%]	
	Σ g	Σ wg	Σ g	Σ wg
Średnia wartość tła	0,075	0,005	0,0282	0,0367
Wielkość błędu przy określeniu średniej wartości tła	0,0005	0,0001	0,0006	0,0016
Odchylenie standardowe	0,0315	0,0024	0,0224	0,0562
Wariacyjny zakres wskaźników	0,198	0,0119	0,0943	0,3160
Ogólna wartość przekraczająca tło	0,1064	0,0073	0,0506	0,0930
Ogólna wartość anomalii	0,1732	0,0111	0,0763	0,2598

Podwyższone zawartości (gazowe anomalie) w stosunku do tła stwierdzono w interwałach: 994–1005 m (otw. 8), 1018–1054 m (otw. 9), 1062–1122 m (otw. 11), 1187–1193 m, 1200–1204 m (otw. 13) co związane jest z właściwościami przewiercanych skał i parametrami płuczki. Maksymalne zawartości gazów stwierdzono w otworze 12 w interwałach 1114–1121 m, 1129–1142 m, 1159–1171 m, 1180–1185 m, co związane jest z podwyższoną miąższością skał karnalitowych (ponad 40 m).

Wyniki gazometrii, wykonane na złożu Starobińskim (Białoruś) i Griemiaczinskim (Rosja) są bardzo podobne, dlatego metodą analogii można przewidzieć, że głównymi składnikami w kungurskiej serii chlorkowej jest azot (65–85%) i dwutlenek węgla, związane w zasadzie z karnalitytami, halito-karnalitytami (rys. 1), karnalito-halicytami i sylwino-karnalito-halicytami, które albo rozdzielają warstwy sylwinitów, albo je podścielają (nazewnictwo skał solnych wg nomenklatury rosyjskiej).

Sole karnalitowe Griemiaczinskiego złoża są barwy różowej i fioletowo-jasnoszarej, z plamami amarantowej barwy. Są to sole masywne, z rzadkimi przewarstwieniami soli kamiennej drobnoziarnistej, o grubości dochodzącej do 3 cm. Karnalito-halicytowa sól jest różowo-jasnoszara, różnoziarnista, masywna. Sylwino-karnalito-halicytowa sól jest barwy jasnoszarej z pomarańczowo-czerwonymi, półprzezroczystymi przewarstwieniami.

Dokładniejsze rozpoznanie budowy geologicznej masywu skalnego nie pozwala na określenie stopnia niebezpieczeństwa potencjalnych stref zagrożenia gazodynamicznego, które zależy przede wszystkim od czynników technologicznych (systemu i sposobu prac oczyszczających), ale możliwe jest ustalenie przepływu różnych gazodynamicznych zjawisk typu wyrzutów gazowych, eskalacji gazu. Strefy potrząskane z obwałami skał mogą być związane z jednym poziomem stratygraficznym – warstwami soli karnalitowych. Dlatego istotne jest określenie podstawowych litologiczno-facjalnych kryteriów: grubości warstwy karnalitowej i zawartości karnalitu.

Karnalitowe skały w swym nienaruszonym położeniu mają wpływ na warunki hydrogeologiczne i geomechaniczne, dlatego też metoda litofacjalna koncentruje się nie tylko na grubości geologicznych jednostek i koncentracji surowcowej, ale także na określeniu charakterystyki hydrogeologicznej i geomechanicznej.

Operatywne wyniki pokazano na rysunku 2. Zgodnie z nimi wyróżniają się odcinki o różnym stopniu zagrożenia gazodynamicznego. Znaczna ilość zjawisk gazodynamicznych prognozowana jest w szerokim pasie SW części złoża. Bardzo wysokie niebezpieczeństwo występowania zjawisk gazodynamicznych spodziewane jest w rejonie otworów 12 i 10.

#### THE GAS-DYNAMIC PHENOMENA IN GREMYACHISKY DEPOSIT OF POTASH SALTS (RUSSIA).

Key words: Potash salts, gas-dynamic phenomena, Gremyachisky deposit, Russia

In the paper the new data of distribution of gas-dynamic phenomena in the Gremyachisky deposit of potash salts (Russian Federation, Volgograd Oblast) are considered and analysed. On the basis of the geophysical researches in the wells (gasometry) and lithologic-facial analysis the forecast of the gas-dynamic dangerous sites was carried out. Results of examinations can be used for preparing the deposit for the exploitation.

#### LITERATURA

- Померанц Л.И., 1982 – Газовый картаж. М. Неда 240 с.  
Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г., 1981 – Литология и литолого-фацальный анализ. Учебник. М.: Недрa, 286 с.  
Куртыло В.Э., 2007 – Газодинамические явления в промышленных горизонтах Старобинского месторождения калийных солей. Литасфера. No. 1, с. 63–70.



Rys. 2. Prognozowany schemat zagrożenia gazodynamicznego

- 1 – granica koncesji na eksploatację; 2–5 otwory wiertnicze: 2 – otwory poszukiwawcze; 3 – otwory w których występują sole potasowe (na podstawie karotaży); 4 – bez soli potasowych (na podstawie karotaży); 5 – otwory rozpoznawcze, odwiercane na pierwszym etapie prac geologiczno-poszukiwawczych;  
6 – izolinia minimalnej grubości warstw nieprzepuszczalnych dla zasobów bilansowych [m];  
7 – miąższość karnalitowych, karnalito-halitowych i sylwino-karnalitowych soli [m]; 8 – główne uskoki;  
9–10 – przewidywane granice występowania: 9 – kungurskiej serii solnej; 10 – złoża soli potasowej;  
11 – karotaż gazowy; 12–14: zagrożenie gazodynamiczne; 12 – bardzo wysokie; 13 – wysokie;  
14 – normalne

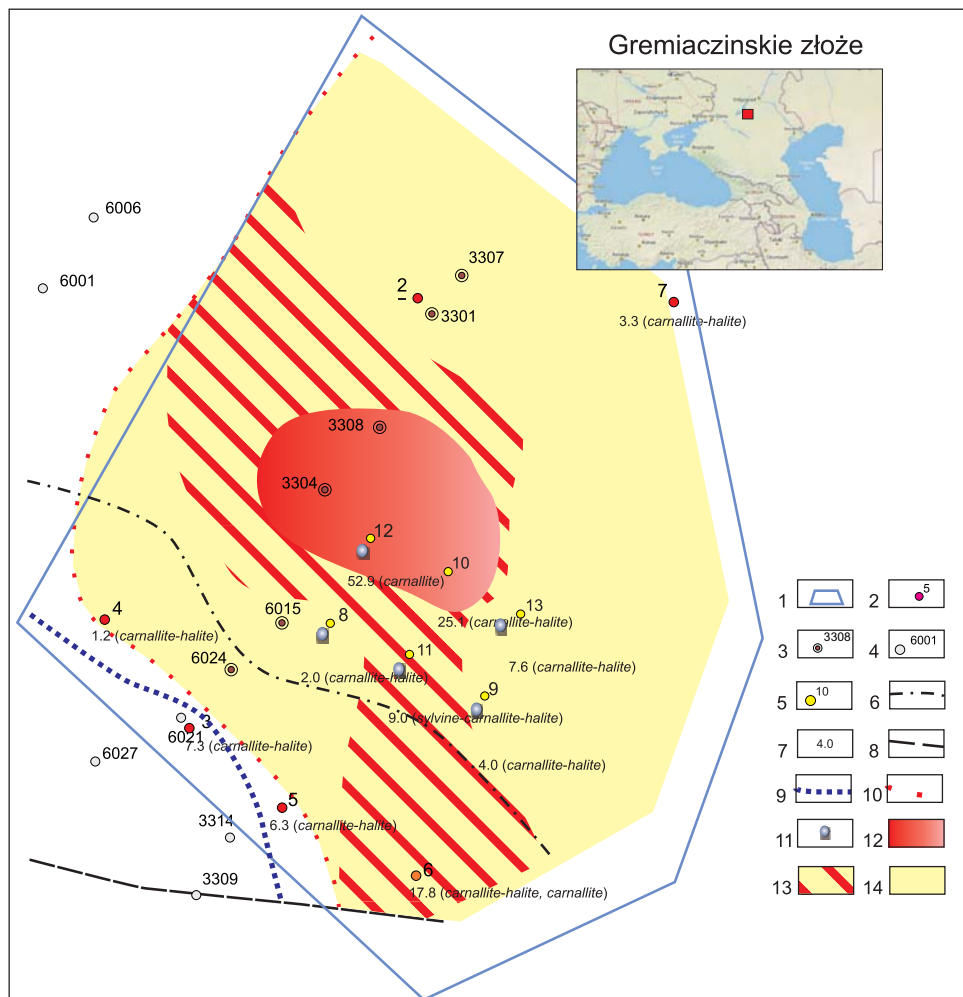
Fig. 2. The expected diagram of the gas-dynamic risk

- 1 – border of the concession for the exploitation; 2–5 boreholes: 2 – prospect boreholes; 3 – boreholes with potash salts (after logging data); 4 – boreholes without potash salts (after logging data); 5 – test boreholes;  
6 – isolines of minimum thickness of impervious layers for balance resources [m]; 7 – thickness of carnallite, carnallite-halite and sylvinite-carnallite salts [m]; 8 – main faults; 9–10 expected borders: 9 – Kungur salt series, 10 – potash salt deposit; 11 – gas logging; 12–14 the gas-dynamic risk: 12 – very high; 13 – high;  
14 – normal



Rys. 1. A. Sól halitowo-karnalitowa (próbka nr. 228);  
 B. Sól karnalitowo-halitowa (próbka nr 225), z solami tymi związane są maksymalne nagromadzenia gazu

Fig. 1. A. Halite-carnallite salt (sample n. 228)  
 B. Carnallite-halite salt (sample n. 225) maximum accumulations of gas are connected with these salts



Rys. 2.