

Marek NIEĆ\*

## Występowanie rud uranu i perspektywy ich poszukiwań w Polsce

**STRESZCZENIE.** Analiza stanu znajomości złóż uranu i perspektyw ich poszukiwania w Polsce pozwala na sformułowanie poglądu o celowości podjęcia prac badawczych i bardziej zaawansowanych prac poszukiwawczych rekonesansowych oraz poszukiwawczych wstępnych w wytypowanych obszarach. W Sudetach można oczekiwać złóż związanych z metasomatytami alkalicznymi, śródgranitowych oraz piaskowcowych (w osadach najwyższego karbonu i kredowych). Na monoklinie przedsudeckiej, peryklinie Żar i w syneklizie perybałtyckiej można oczekiwać złóż piaskowcowych w utworach triasu. Wskazane jest podjęcie prac badawczych w celu potwierdzenia lub wykluczenia możliwości ich występowania. Złoża udokumentowane, ubogie: Rajsk w ordowickich w łupkach dictyonemowych, na Podlasiu, Okrzeszyn w łupkach węglistych i węglach w depresji wewnętrznosudeckiej, Wambierzyce-Radków w łupkach walchiowych, stanowią potencjalną bazę zasobową, możliwą do zagospodarowania jeśli nastąpi istotny postęp w technologii wykorzystywaniu tego typu rud.

**SŁOWA KLUCZOWE:** złoża uranu, poszukiwania, Polska

### 1. Problemy ogólne poszukiwania złóż uranu w Polsce

Powrót do koncepcji budowy elektrowni atomowych w Polsce stwarza potrzebę oceny dostępnej bazy surowcowej, niezbędnej dla ich funkcjonowania, w szczególności

\* Prof. dr hab. inż. — Pracownia Geologii Gospodarczej, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: mark@min-pan.krakow.pl

krajowej. Nawet wówczas, gdy rozpatrywane jest pozyskanie paliwa jądrowego z zagranicy, znajomość krajowej bazy surowcowej jest niezbędna dla oceny bezpieczeństwa surowcowego kraju w sytuacji możliwych niekorzystnych układów politycznych. Członkostwo Polski w UE nie rozwiązuje tej kwestii. Bezpieczeństwo surowcowe staje się bowiem obecnie także jednym z podstawowych problemów Unii, w dużej mierze uzależnionej od dostaw surowców mineralnych z niestabilnych rynków zewnętrznych (Commission... 2008).

Stan znajomości złóż uranu w Polsce, wraz z oceną perspektyw ich poszukiwań, był już wcześniej kilkakrotnie przedstawiany w miarę rozwoju ich badań (Pieniński i in. 1958; Borucki i in. 1967; Bareja, Przeniosło 1986; Wołkowicz, Strzelecki 1993). Odstąpienie od koncepcji budowy elektrowni atomowej w Żarnowcu, zmiany ustrojowe oraz przyjęcie w polityce państwa rygorystycznej koncepcji, że poszukiwanie złóż kopalin nie powinno być realizowane ze środków publicznych, spowodowało zaniechanie prac poszukiwawczych na początku lat dziewięćdziesiątych XX w. Koncepcja ta nie wydaje się obecnie słuszna z trzech powodów:

- 1) znajomość bazy surowcowej, chociażby potencjalnej, jest niezbędna dla oceny bezpieczeństwa surowcowego kraju i odpowiedniego kreowania polityki gospodarczej;
- 2) przyjęcie, że prace poszukiwawcze powinni prowadzić tylko indywidualni przedsiębiorcy (na podstawie udzielanych koncesji) powoduje przypadkowość ich podejmowania, wynikającą z bieżących, bardzo niestabilnych warunków koniunkturalnych, a nawet możliwość ich uzależnienia od spekulacji giełdowych;
- 3) dla ewentualnego zainteresowania potencjalnych koncesjobiorców prowadzeniem poszukiwań, rozpoznawania lub eksploatacji złóż, niezbędne jest posiadanie wiedzy o bazie zasobowej, która byłaby podstawą dla ich zainteresowania podejmowaniem odpowiednich prac.

Poznanie bazy surowcowej jest jednym z elementów badań budowy geologicznej kraju, do których ustawowo jest zobowiązany Minister Środowiska działający przy pomocy Głównego Geologa Kraju. Na ten cel powinny być przeznaczane środki finansowe pochodzące z opłat za wydobywanie kopalin.

Do zadań finansowanych ze środków publicznych powinny należeć prace poszukiwawcze rekonesansowe, wskazujące obszary perspektywne dla występowania złóż, oraz wstępne prace poszukiwawcze, podejmowane w celu potwierdzenia tych perspektyw i wskazania miejsc potencjalnego występowania złóż. Ich poszukiwaniem szczegółowym, rozpoznawaniem i eksploatacją można wówczas zainteresować potencjalnych inwestorów.

Postęp ogólnej wiedzy na temat złóż uranu i metodyki ich poszukiwań, nowe spojrzenie na kryteria bilansowości złóż uranu (tab. 1) oraz wykonane jeszcze w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku badania możliwości eksploatacji metodą otworową głęboko położonych, potencjalnych złóż uranu w syneklizie perybałtyckiej (Nieć i in. 1989) i aktualna ocena perspektyw poszukiwań złóż rud w Sudetach (Cwojdzński, Nieć i in. 2009), skłaniają do kolejnej próby analizy perspektyw występowania złóż uranu w Polsce.

TABELA 1. Kryteria bilansowości złóż rud uranu

TABLE 1. Criteria defining uranium ore deposits

Parametr	Przyjmowane w pracach poszukiwawczych w latach pięćdziesiątych XX w.**	Ministerstwo Górnictwa i Energetyki 1977 r.	Minister Środowiska 2008 r.	Wymagania stawiane w górnictwie otworowym (W.I. Geddes 1983, M.W. Szumilin i in. 1985)
Maksymalna głębokość [m]		1 000	1 000	600
Minimalna miąższość [m]		0,8		(1,5) w zasadzie nie limitowana, zależna od zasobności
Brzeźna zawartość uranu w próbce konturującej złożę [%]	0,03 (0,01–0,02*)	0,05	0,03 (0,01*) U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	0,01 –0,02
W profilu złoża wraz z przerostami płonnymi [%]	0,05–0,08		0,03 (0,01*) U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	0,03
Minimalna średnia zawartość uranu w złożu [%]	0,1 (0,2 w rudzie wydobywanej)			0,08
Minimalna zasobność [kg/m <sup>2</sup> ]	około 0,5 (0,02)	0,88	1,2 (0,8*) 1,5 (1,0)***	ponad 1 2 na głębokości 120 m 6 na głębokości 600 m

\* Dla zasobów pozabilansowych,

\*\* Wyznaczane też na podstawie pomiarów radiometrycznych przy współczynniku przeliczeniowym 90–115 μR/h = 0,01% U (w równowadze z Ra),

\*\*\* Proponowane

## 2. Stan znajomości złóż uranu w Polsce

Występowanie minerałów uranu w Sudetach znane jest od połowy XIX w. Jednakże dopiero w latach dwudziestych XX w. podjęto próby eksploatacji rudy uranowej stwierdzonej w kopalni rud magnetytowych w Kowarach w celu pozyskiwania z niej radu. Z tego złoża w latach 1924–1929 wydobyto około 11 ton rudy, z której wyprodukowano około 1 g radu (Borzęcki 2004; Schneiderhöhn 1962). W latach 1929–1934 kopalnia była nieczynna. Po 1934 r. do 1942 r. wydobyto około 76 rudy i uzyskano 3,6 g Ra (Borzęcki 2004), a w latach 1943–1944 około 72 t rudy uranowej w celu produkcji paliwa nuklearnego (Madziarz 2009).

Na możliwość poszukiwań rud uranu w Sudetach zwrócono uwagę po 1945 r. Prace poszukiwawcze podjęte zostały na szeroką skalę przez geologów radzieckich działających od 1948 r., na podstawie umowy międzynarodowej, w ramach przedsiębiorstwa Kuznieckije Rudniki, a następnie Zakłady Przemysłowe R-1. Polegały one przede wszystkim na badaniu znanych wystąpień mineralizacji uranowej, wyrobisk i hałd czynnych i nieczynnych kopalń rud, wykonaniu badań powierzchniowych radiometrycznych (bezpośrednich naziemnych i samochodowych), geochemicznych, radiohydrogeochemicznych i emanacyjnych. W miejscach stwierdzonej mineralizacji uranowej lub znaczących anomalii radiometrycznych wykonywano prace poszukiwawcze szczegółowe przy wykorzystaniu wyrobisk górniczych i wierceń (Zdulski 2000). Stwierdzono na obszarze Sudetów: 2 złoża kwalifikujące się do eksploatacji (których eksploatacja została podjęta), 3 złoża rudy uranowej jako kopaliny współwystępującej w złożach kopaliny nieradioaktywnej oraz 14 wystąpień mineralizacji, z których pozyskiwano od 0,04–12 ton uranu w trakcie górniczych prac badawczych. Ponadto udokumentowane zostały 3 złoża rud ubogich – tab. 2 (Borucki i n. 1967). Na terenie Gór Świętokrzyskich stwierdzono 1 występowanie rud uranu jako kopaliny towarzyszącej w złożu siarczków żelaza, syderytu i hematytu w Rudkach (Nieć 1968; Szczówka 1987). Zarejestrowano ponadto liczne drobne przejawy mineralizacji i anomalie radiometryczne nie budzące większego zainteresowania.

Poszukiwania prowadzone były także na obszarze Karpat Fliszowych, Tatr i Górnego Śląska. Napotkano tam tylko sporadyczne drobne wystąpienia mineralizacji uranowej i anomalie radiometryczne nie budzące większego zainteresowania.

Po 1956 r. prace poszukiwawcze kontynuowane były przez geologów polskich, początkowo jeszcze przy udziale radzieckich, zatrudnionych w Zakładach R-1, oraz przez Państwowy Instytut Geologiczny i przy współudziale Katedry Złóż Rud Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Brak odkryć w Sudetach dalszych złóż uranu kwalifikujących się do eksploatacji oraz niepowodzenia wzbogacania rud ubogich (o zawartości poniżej 0,2% U) spowodowało likwidację Zakładów Przemysłowych R-1 w 1973 r.

W okresie 1948–1967 eksploatowano ogółem 20 stwierdzonych złóż i wystąpień rud uranu (tab. 2) o zasobach od 40 kg do 345 ton uranu, w rudzie o zawartości przeciętnie ponad 0,1% U, ale tylko wyjątkowo dochodzącej do około 1% (Dzieńmorowice 0,41–0,83%, Kopaliny w Kletnie 0,26–0,99%). Lokalnie zawartości uranu dochodziły do około 4%. Były to niewielkie złoża i wystąpienia rud, żyłowe, strefy żyłne, sztokwerki i strefy mineralizacji rozproszonej w brekcjach uskokowych i spękanych strefach przyuskokowych, w skałach metamorficznych, najczęściej gnejsach o zróżnicowanym składzie petrograficznym (Borucki i in. 1967; Banaś, Mochacka 1986; Jaskólski 1967). Rudy uranu występowały zwykle gniazdowo, w miejscach przecięcia strefy złożowej ze skałami podatnymi na mineralizację, zwykle bogatymi w minerały żelazonośne (np. biotyt). W złożach eksploatowanych stwierdzano występowanie mineralizacji uranowej tylko do głębokości 600–660 m.

Ze złóż i stwierdzonych wystąpień rud uranu wydobyto łącznie około 600 ton uranu w rudzie o średniej zawartości 0,2% U i uzyskano z rud uboższych 120 ton koncentratu o zawartości około 52% U. Całość tego wydobycia była eksportowana do ZSRR. Wyczerpanie w złożach eksploatowanych zasobów rud o zawartości średniej 0,2% i brak

TABELA 2. Złoże i wystąpienia rud uranowych w Sudetach i Górach Świętokrzyskich  
(Zasoby wg J. Boruckiego i in. 1967, w nawiasach wg S. Wołkowicza i R. Strzeleckiego 1993)

TABLE 2. Uranium deposits and ore occurrences in Sudety and Holy Cross Mountains  
(Ore resources and exhausted reserves acc to. J. Borucki and alt. 1967,  
in brackets acc. to S. Wołkowicz and R. Strzelecki 1993)

Rodzaj występowania rud uranu	Lokalizacja	Zasoby uranu szacowane [Mg]	Zasoby uranu wyeksploatowane [Mg]	Uwagi
Złoże	Radoniów	432 (345)	342 (214)	
	Podgórze	280	280 (199)	
Kopalina współwystępująca	Kowary kop. Wolność	118 (94)	118 (94)	w złożu rud magnetytowych
	Miedzianka	22,15 (14,7)	22,15 (14,7)	w złożu rud polimetalicznych Cu
	Kletno-Kopaliny	20,71	20,7	w złożu fluorytu
Kopalina towarzysząca	Rudki kop. Staszic		około 3–4	w złożu markasytu, hematytu i syderytu
Wystąpienia rud uranu	Rubeżal	0,84 (0,5)	0,84 (0,5)	
	Viktoria	0,28	0,28	
	Mnisków	4,53	4,5	
	Majewo	0,96	0,96	
	Wołowa Góra	5,0 (2,5)	(2,5)	
	Wojcieszycze	15,88 (14,4)	15,88 (12,3)	
	Mała Kamienica	0,21	0,21	
	Dzieńmorowice	6,21	6,21	
	Kozice	0,19	0,19	
	Kop. Mieszko		0,13	w serii węglonośnej
	Andrzejowa Góra	0,04	0,04	
	Bobrowniki	0,6	0,6	
	Rzeszówek		0,09	
Wleń	0,31	0,31		
Złoże rud ubogich	Okrzeszyn	370,4 (938)	około 3	zawartość U 0,05–0,1%
	Grzmiąca	670 (792)	około 3	zawartość U średnio 0,054%
	Radków-Wambierzyce	217		zawartości U 0,01–0,03%

możliwości powiększenia bazy zasobowej położyło kres górnictwu rud uranu w Polsce. Ich wydobywanie zakończono definitywnie w 1968 r. (Kop. Kletno 1957 r., Podgórze 1958 r., Wolność w Kowarach 1962 r., Radoniów 1963 r., Staszic w Rudkach 1968 r.).

W 1958 r. w ramach umowy międzynarodowej grupa ekspertów radzieckich wykonała podsumowanie i ocenę stanu znajomości złóż uranu w Polsce oraz perspektyw ich poszukiwania i rozpoznania (Pieniński i in. 1958). Stwierdzono, że w sposób wyczerpujący została zbadana możliwość występowania złóż manifestujących swą obecność na powierzchni w postaci wychodni i anomalii geofizycznych i geochemicznych. Dalsze poszukiwania powinny dotyczyć złóż zakrytych i ukrytych z wykorzystaniem metod geofizycznych i wierceń. Zwrócono jednak uwagę na niedostatek podstaw teoretycznych dla takich poszukiwań i konieczność wykonania odpowiednich prac naukowo-badawczych w wyspecjalizowanych instytutach naukowych i wyższych uczelniach.

Brak podstaw dla bezpośrednich poszukiwań rud uranu poza Sudetami skłonił do sformułowania poglądu, że powinny być one realizowane jako badania równoległe przy okazji poszukiwań innych kopalin.

W 1957 r. na podstawie zarządzenia Prezesa Rady Ministrów (zarządzenie nr 79) podjęte zostały systematyczne badania radiometryczne w otworach wiertniczych wykonywanych w celach badawczych i dla rozpoznawania złóż kopalin oraz w wyrobiskach górniczych czynnych kopalń. Doprowadziły one do wyrycia wystąpień mineralizacji uranowej w utworach pstrego piaskowca na monoklinie przedsudeckiej i w syneklizie perybałtyckiej oraz w łupkach dictyonemowych na Podlasiu.

Ponowna ocena perspektyw poszukiwawczych złóż rud uranu w Polsce została przedstawiona w 1965 r. przez pracowników Instytutu Geologicznego (obecnie Państwowego Instytutu Geologicznego) w Warszawie (Borucki i in. 1967). Uznano za najbardziej perspektywne dla poszukiwań utwory pstrego piaskowca na monoklinie przedsudeckiej i w syneklizie perybałtyckiej. Krytycznie oceniono szanse dalszych prac poszukiwawczych w Sudetach. Za mało perspektywne uznano obszary Górnego Śląska, Karpat i Gór Świętokrzyskich. Stwierdzone tam drobne wystąpienia mineralizacji uranowej i lokalne anomalie radiometryczne nie dawały podstaw do oczekiwania złóż.

Dalsze prace prowadzone przez PIG na Podlasiu (Bareja, 1978) doprowadziły do udokumentowania w kat. C<sub>2</sub> złoża Rajsk ubogich rud uranu w towarzystwie Mo, V w ordowickich łupkach bitumicznych.

Duże nadzieje na odkrycie złóż uranu łączono szczególnie z wystąpieniami mineralizacji uranowej w utworach pstrego piaskowca w syneklizie perybałtyckiej (Kanasiewicz i in. 1965; Borucki i in. 1967; Bareja, Przeniosło 1986; Wołkowicz, Strzelecki 1993). Stwierdzono ją w szeregu otworów wiertniczych w obszarze od okolic Pasłęka, po Krynicę Morską. Ze względu na dużą głębokość jej występowania celowość prac poszukiwawczych uzależniano od oceny możliwości podejmowania eksploatacji ewentualnych złóż. Ocena taka została wykonana dla eksploatacji podziemnej i otworowej (Nieć i in. 1989; Klich i in. 1988, 1990). Stwierdzono, że eksploatacja podziemna jest praktycznie niemożliwa ze względu na warunki hydrogeologiczne i inżyniersko-geologiczne, a warunki ewentualnej eksploatacji otworowej ocenione zostały jako bardzo trudne. Zaproponowano jednak sposób eksploatacji otworowej i sugerowano przeprowadzenie odpowiednich prac pilotowych (Klich i in. 1990).

W 1986 r. ocenę perspektyw poszukiwań złóż pierwiastków radioaktywnych przedstawili E. Bareja i S. Przeniosło (Bareja, Przeniosło 1986) na podstawie prac prowadzonych przez Państwowy Instytut Geologiczny. Wbrew wcześniejszym poglądom ocenili, że istnieją perspektywy dla poszukiwań rud uranu w Sudetach: piaskowcowych w utworach najwyższego karbonu w depresji wewnętrznie sudeckiej oraz śródgranitowych w masywie karkonoskim.

Kolejną ocenę stanu znajomości złóż uranu w Polsce przedstawiona została w 1993 r. (Wołkowicz, Strzelecki 1993). Utrzymane zostały w niej wcześniej wypowiedziane poglądy na perspektywność obszaru syneklizy perybałtyckiej, ograniczone perspektywy poszukiwań złóż uranu w Sudetach i brak praktycznie perspektyw w innych obszarach.

W Polsce nie ma aktualnie złóż rud uranu, które kwalifikowałyby się do zagospodarowania. Rozpoznane i udokumentowane złoża i znane wystąpienia rud uranu bądź zostały wyeksploatowane, bądź są małe, albo położone na dużej głębokości, albo charakteryzują się niskimi zawartościami uranu w szczególności występującym w węglach i łupkach węglistych lub bitumicznych.

### 3. Perspektywy poszukiwań złóż rud uranu w Polsce

Po 1989 r. nie prowadzono prac związanych z poszukiwaniem rud uranu. Już w 1958 r. stwierdzono (Pieniński i in. 1958), że możliwości znalezienia płytko położonych złóż zostały już wyczerpane i dalsze prace poszukiwawcze powinny dotyczyć złóż zakrytych i ukrytych. Późniejsze odkrycia mineralizacji uranowej na monoklinie przedsudeckiej, w syneklizie perybałtyckiej i na Podlasiu miały miejsce przy okazji prac prowadzonych w innym celu. Pokazują one, że istnieją możliwości znalezienia takich złóż

Postęp wiedzy ogólnej na temat złóż uranu pozwala na ocenę perspektyw poszukiwań złóż zakrytych i ukrytych na podstawie przesłanek poszukiwawczych, to jest danych geologicznych, geochemicznych i geofizycznych umożliwiających ocenę szans ich występowania.

Przesłanki takie istnieją w trzech obszarach na terenie Polski: w Sudetach, na Monoklinie Przedsudeckiej oraz w Polsce północnej i północno-wschodniej.

Obszarem szczególnym są Sudety. Mimo wyczerpania praktycznie możliwości znalezienia płytko położonych złóż ich obszar może być uważany nadal za perspektywny dla występowania złóż głębiej położonych.

Na uwagę zasługują trzy typy złóż (wg podziału stosowanego przez IAEA):

- 1) żyłowe, śródgranitowe (intragranitowe),
- 2) w metasomatytach (albitowych),
- 3) piaskowcowe.

Na możliwość poszukiwań złóż śródgranitowych wcześniej zwrócili uwagę Lis i Sylwestrzak (1979) oraz Bareja i Przeniosło (1986). Szanse występowania złóż w metasomatytach nie były dotychczas brane pod uwagę. Perspektywy poszukiwań rud piaskowcowych rozpatrywane były przez Miecznika i Strzeleckiego.

**Złoża śródgranitowe (intragranitowe) uranu** występują w masywach granitowych o wyraźnie podwyższonej radioaktywności, w towarzystwie episjenitów (granity pozbawione kwarcu, bogate w skałen współwystępujący z chlorytem i niewielką ilością kwarcu wtórnego oraz rozproszonego pyłu hematytowego), które są produktem przeobrażenia granitu. Można ich oczekiwać w karkonoskim masywie granitowym. Granity karkonoskie charakteryzują się wyjątkowo wysoką zawartością uranu (Jeliński 1965; Lis 1970; Solecki 2005), która wynosi średnio 8–18,5 g/Mg w poszczególnych rejonach (Lis 1970), to jest do 4 razy większą od zawartości klarkowej w granitach wynoszącej 4,7 g/t. Rozkład zawartości U jest dwumodalny. Graniczną jest zawartość 12 g/Mg. Granity o szczególnie podwyższonej radioaktywności maksymalnie dochodzącej nawet do 62 g/Mg występują w północno zachodniej i południowej części masywu (Lis 1970). Jest to ważna przesłanka geochemiczna dla występowania koncentracji złożowych uranu. W obrębie granitów karkonoskich stwierdzono też obecność episjenitów (Lis, Sylwestrzak 1979). Daje to podstawy do uznania, że możliwe jest występowanie w masywie karkonoskim złóż śródgranitowych (Bareja, Przeniosło 1986).

Wysoki stopień rozpoznania granitów karkonoskich powoduje, że szanse poszukiwania tego typu złóż za pomocą prostych metod powierzchniowych są niewielkie. We wcześniejszych pracach poszukiwawczych nie zwracano jednak uwagi na występowanie episjenitów w sąsiedztwie stref zmineralizowanych. Dlatego też kluczowe znaczenie ma kartograficzne rozpoznanie ich występowania i rozprzestrzenienia oraz rozpoznanie wstępne (wiercnicze) ułożenia ciał episjenitowych i ich mineralizacji poniżej powierzchni terenu.

**Złoża uranu w metasomatytach albitowych** występują w obrębie gnejsów przeobrażonych w skały bogate w albit (albitytach) w wyniku metasomatozy sodowej, w sąsiedztwie dużych stref uskokowych. Przykładem modelowym jest złożo Miczurinskoje na Ukrainie. Występowanie tego typu złóż może być przewidywane w strefie występowania leukogranitów od Wojcieszyc aż po Świeradów na Pogórzu Izerskim. Leukogranity stanowią tu produkt albityzacji i mikroklinizacji gnejsów (Pawłowska 1968). W sąsiedztwie stref dyslokacyjnych w szczególności strefy Kopaniec-Małą Kamienica stwierdzono liczne przejawy mineralizacji uranowej oraz anomalie radiometryczne, emanometryczne i radiohydrochemiczne (Mochacka 1978; Banaś i in. 1978). Dane te sugerują możliwość występowania tu złóż uranu analogicznych do związanych z albitytami. Strefa ta została w latach 1962–1967 zbadana metodami powierzchniowymi, a w rejonie Kopańca-Małej Kamienicy także za pomocą wierceń i wyrobisk górniczych. Stwierdzone przejawy mineralizacji nie zachęcały do kontynuacji prac w miejscu ich występowania. Niezbędna jest ponowna analiza wyników tych badań z uwzględnieniem współczesnych wymagań stawianych złożom uranu oraz zbadanie za pomocą wierceń głębszych stref przyległych do dyslokacji w obrębie leukogranitów, po uprzedniej aktualizacji rozpoznania kartograficznego tektoniki tego obszaru.

**Złoża piaskowcowe** występują w seriach osadów klastycznych, terygeniczych. Powstały bądź wyniku doprowadzenia uranu z zewnątrz przez infiltrujące wody powierzchniowe bądź rekonzentracji uranu pierwotnie rozproszonego w osadzie. Charakterystyczną cechą wielu tych złóż jest występowanie bogatej mineralizacji uranowej w piaskowcach, na granicy strefy utleniania i redukcji. Ciała rudne mają kształt płytowy, soczewowy lub sierpowaty (wówczas są ułożone w poprzek uwarstwienia skał i określane terminem *roll front*).



Możliwość występowania tego typu złóż uranu określają przesłanki paleogeograficzno-facjalne i hydrogeochemiczne. Możliwość koncentracji uranu uzależniona jest od środowiska sedymentacji i rodzaju skał źródłowych dla osadów oraz istnienia barier geochemicznych w których może następować koncentracja uranu.

Obecność skał wzbogaconych w uran (w szczególności granitów karkonoskich) oraz liczne przejawy mineralizacji uranowej i anomalie radioaktywne w masywie krystalicznym Sudetów, który mógł być obszarem źródłowym uranu, stanowią przesłankę dla możliwości występowania infiltracyjnych (piaskowcowych) jego złóż w młodszych, klastycznych skałach osadowych.

W kompleksach skał osadowych w depresji wewnętrzno- i zewnętrznosudeckiej występują skały klastyczne:

- ✧ karbońskie formacji węglonośnej,
- ✧ permskie i dolnotriasowe formacji pstrej i ewaporatowej,
- ✧ górnokredowe.

Rozpoznane dotychczas środowiska sedymentacji utworów od karbonu po kredę górną są zróżnicowane od lądowych do płytkomorskich – lagunowych. Wyróżniają się wśród nich poziomem łupków ciemnych wzbogaconych w substancje organiczne, osadzonych w warunkach redukcyjnych, stanowiące podatne środowisko dla mineralizacji. W udokumentowanym dotychczas złożu w Okrzeszynie okruszcowanie uranowe występuje przede wszystkim w łupkach ilasto-węglistych i cienkich pokładach węgla w stropowych utworach stefanu i spągowych czerwonego spągowca (Wróblewski 1962; Nielubowicz, Wróblewski 1963). Stwierdzono tu kilka warstw zmineralizowanych o miąższości 0,2–1,0 m. Zawartości uranu są zmienne od kilkudziesięciu do kilku tysięcy g/Mg, Średnio wynoszą około 0,1%. Zasoby złoża szacowane są na około 938 ton U (Wołkowicz, Strzelecki 1993). W rejonie Radkowa- Wambierzyc w łupkach walchiowych czerwonego spągowca stwierdzono około 217 ton uranu w rudzie o zawartości 0,01–0,03% U. Brak efektywnych metod wzbogacania takich rud, zwłaszcza ubogich, powoduje, że złoża takie tylko wyjątkowo są eksploatowane. Zatem są one obecnie mało atrakcyjnym obiektem poszukiwań.

W depresji wewnętrznosudeckiej, w piaskowcach i zlepieńcach najwyższego karbonu (piaskowcach glinickich), rozpoznano dotychczas złożo Grzmiąca. Tworzą je 3 strefy okruszcowane o miąższości do kilkudziesięciu cm, i wyjątkowo kilku metrów – występujące w około 20 metrowym pakiecie warstw piaskowców. Minerale uranonośne: czerń uranowa i autunit występują w formie rozproszonej w spoiwie piaskowców i zlepieńców. Zawartość uranu wynosi średnio 0,054%. Złożo rozpoznane do głębokości 500 m zapada pod kątem 20–30°. Zasoby szacowane są na 792 ton U.

Stopień rozpoznania wychodni utworów górnego karbonu i czerwonego spągowca, za pomocą zdjęcia radiometrycznego oraz różnego rodzaju robót ziemnych, jest na tyle duży, że trudno obecnie spodziewać się znalezienia na powierzchni nowych miejsc z interesującą mineralizacją (Wołkowicz, Strzelecki 1993). Nie mniej jest to obszar uważany nadal za perspektywny dla piaskowcowych złóż rud uranu, którego źródłem mogły być górnokarbońskie skały wulkaniczne (Bareja, Przeniosło 1986). Możliwości ich stwierdzenia mogą istnieć poza obszarem złoża Grzmiąca i na większej głębokości. Można je wiązać także ze zwiększeniem zainteresowania eksploatacją rud dotychczas uważanych za zbyt

ubogie. Mimo opinii, że wcześniejsze prace wykluczyły szanse odkrycia złóż typu „Grzmiącej”, konieczna jest reinterpretacja warunków występowania mineralizacji w rejonie tego złoża i ponowna szczegółowa analiza możliwości poszukiwań tego typu ukrytych złóż uranu poza jego obszarem (Miecznik 1990). Perspektywicznymi dla poszukiwań złóż uranu mogą być także utwory górnokarbońskie w niecce północnosudeckiej (Miecznik, Strzelecki 1979).

Obecności złóż uranu można oczekiwać także w piaskowcach górnokredowych w rowie Nysy, w depresji wewnętrzno sudeckiej w rejonie Kamiennej Góry, oraz w piaskowcach triasowych i górnokredowych w rowie Wlenia i depresji zewnętrzno-sudeckiej. Złoża uranu w utworach kredy obecne są w Czechach (Bernard, Pouba i in. 1986). Szanse ich poszukiwań w Polsce były oceniane krytycznie przez Miecznika i Strzeleckiego (1979), niemniej nie można wykluczyć możliwości ich występowania.

W utworach kredowych rowu Nysy, źródłem uranu mogły być skały otaczające kompleksu orlicko-śnieżnickiego, w których znane są przejawy mineralizacji uranowej i anomalie radiometryczne. Stwierdzona jest też w utworach kredowych strefowość hydrochemiczna: obecność wód siarczanowych w pobliżu ich wychodni i wodorowęglanowych wzbogaconych w CO<sub>2</sub> na większej głębokości. Stwarza to warunki dogodne dla występowania złóż piaskowcowych uranu, infiltracyjnych, w szczególności typu *roll front*. Mineralizacja tego typu nie manifestuje się na powierzchni. Konieczne jest wykonanie wierceń badawczych w celu określenia położenia stref utlenienia i redukcji oraz możliwego występowania koncentracji uranu. Perspektywnym dla występowania tego typu złóż mogą być też utwory kredowe w rejonie Kamiennej Góry, w rowie Wlenia i w niecce zewnętrzno-sudeckiej. Źródłem uranu dla nich mogły być wietrzejące granity karkonoskie i strefy mineralizacji w ich otoczeniu.

Na przedpolu Sudetów obszarem perspektywnym dla występowania piaskowcowych rud uranu jest monoklina przedsudecka i peryklina Żar. Stwierdzono tu wystąpienia mineralizacji nasturanowej w mułowcach piaskowcach i dolomitach oolitowych pstrego piaskowca. Zawartości uranu dochodzą do 0,5% (Borucki i in. 1967; Smolarska 1974).

Możliwość znalezienia na obszarze Sudetów złóż innych typów niż wyżej omówione jest mniej prawdopodobna, ale nie wykluczona.

Przedmiotem poszukiwań i badania na obszarze Sudetów były wcześniej złoża żyłowe i impregnacyjno-sztokwerkowo-gniazdowe, hydrotermalne, występujące w strefach uskokowych wśród skał metamorficznych, zaliczane na podstawie ich składu mineralnego do różnych formacji rudnych (uranowej, polimetalicznej U-Co-Ni-Ag, selenkowo-siarczkowej, siarczkowo-fluorytowej itp.). Stwierdzono brak możliwości odkrycia dalszych takich złóż przy pomocy prostych metod powierzchniowych.

Podstawą koncepcji poszukiwawczych był pogląd, że złoża takie powinny występować w otoczeniu intruzji granitowych, zgodnie z teorią strefowego zróżnicowania mineralizacji. Przejawy mineralizacji i anomalie radioaktywne występują w wielu obszarach (strefach metalogenicznych) bez wyraźnego związku z intruzjami granitowymi. Sugerują one nie związany z nimi rozwój procesów, które mogły doprowadzić do powstania złóż (Cwojdzński i in. 2009). Na podstawie istniejących danych nie można jednak sprecyzować poglądu ani odnośnie ich typu ani szans występowania.

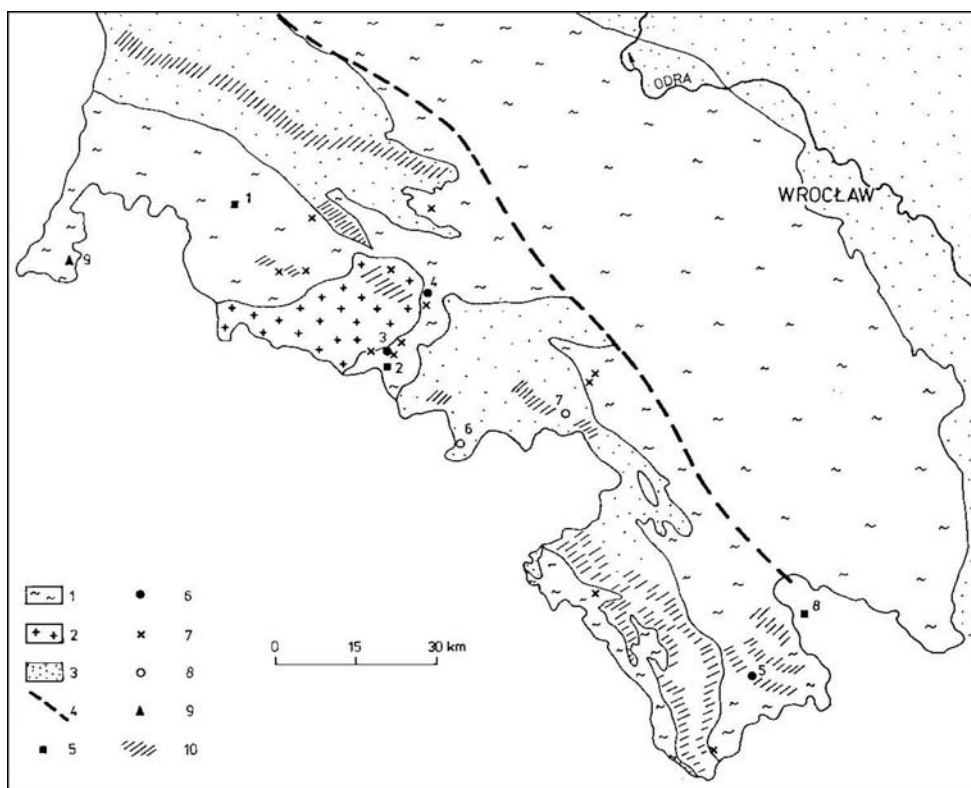
W szczególności w kompleksie orlicko-śnieżnickim istnieją liczne wystąpienia mineralizacji, w tym złoża eksploatowane w przeszłości (złoża U-CaF<sub>2</sub> w Kletnie, złoża Javornik w Zalesi po stronie czeskiej (ze złoża Javornik do 1968 r. wydobyto około 400 ton uranu) oraz zarejestrowane anomalie radiometryczne. Traktować je można jako oznaki wskazujące na możliwość występowania ukrytych złóż uranu. Niezbędną jest tu ponowna analiza wyników wcześniejszych badań i wyników prac poszukiwawczych, z uwzględnieniem współczesnych wymagań stawianych złożom uranu. Przede wszystkim wskazane jest szczegółowe kartograficzne rozpoznanie budowy stref dyslokacyjnych z którymi związane są rejestrowane przejawy mineralizacji. Stwierdzana obecność składowych przesuwczych w formowaniu takich stref powoduje, że szczególnie interesujące są rejony zmiany ich biegu i nachylenia oraz rejony dyslokacji towarzyszących, na ich przecięciu z amfibolitami i łupkami grafitowymi oraz w sąsiedztwie dajek lamprofirowych. Na szczególną uwagę zasługują strefy: dyslokacyjna Kletna (poza obszarem złoża Kletno), uskoków Młynowca i Ładka-Bielic w których rejonie stwierdzono podwyższone zawartości uranu w aluwkach cieków powierzchniowych (Przeniosło 1970), uskokowa Dusznik-Sokołówki, zaburzeń tektonicznych w rejonie Andrzejowej (Kopalnianej) Góry-Potoczku.

Interesującym obszarem jest też rejon Markocic-Opolna koło Bogatyni, w którym stwierdzono występowanie mineralizacji torowej w sienitoidach metasomatycznych (Banaś, Kucha 1978). Konieczna jest analiza krytyczna wyników dotychczasowych jej badań w nawiązaniu do badań prowadzonych po stronie czeskiej i z uwzględnieniem współczesnych wymagań stawianych złożom pierwiastków radioaktywnych. Celowe może też być np. wykonanie zdjęcia geochemicznego (glebowego i litochemicznego z uwzględnieniem Nb i Th) oraz dodatkowe zbadanie głębszej budowy strefy mineralizacji za pomocą otworów wiertniczych.

Drugim obszarem perspektywnym dla występowania złóż uranu jest Polska północno-wschodnia. Stwierdzono tu już występowanie mineralizacji uranowej w łupkach dictyonemowych ordowiku na Podlasiu oraz w piaskowcach triasowych w syneklizie perybałtyckiej.

Łupki dictyonemowe występują na znacznym obszarze około 1900 km<sup>2</sup> (rys. 1) na głębokości 400 do około 1600 m. Miąższość łupków jest zmienna od 1,5 do 4,0 m. Występuje w nich mineralizacja uranowo-molibdenowo-wanadowa, najczęściej w spągowej ich części. Przeciętne zawartości uranu są niskie około 70 g/Mg, ale miejscami dochodzą do 2,5%. Okruszcowaniu uranowemu towarzyszy molibdenit (średnio 100 g/Mg Mo) oraz wanad (średnio 1000 g/Mg V), związany z substancją organiczną i częściowo występujący w minerałach ilastych. W udokumentowanym złożu Rajsk, o powierzchni 16 km<sup>2</sup>, zasoby rudy o zawartości średniej 0,025% U wynoszą 1444 ton (Wołkowicz, Strzelecki 1993). Tak ubogie rudy łupkowe nie budzą obecnie zainteresowania jako obiekt eksploatacji.

W syneklizie perybałtyckiej stwierdzono 1 poziom uranonośny w utworach mułowcowo-ilastych triasu dolnego (formacji lidzbarskiej) i 2 w piaskowcach i zlepieńcach triasu środkowego (formacje fromborska i elbląska). Zawartości uranu wynoszą tu od 0,005 do 0,26% w strefach o miąższości od kilku centymetrów do 5,5 m, położonych na głębokości od około 700 do 1170 m. Jest to obszar perspektywny dla występowania złóż uranu na co już wcześniej zwracano uwagę (Borucki i in. 1967; Bareja, Przeniosło 1986; Wołkowicz, Strzelecki 1993). Źródłem pierwotnym uranu były skały krystaliczne tarczy bałtyckiej (Jaworowski 1986). Duża głębokość występowania, a ponadto w znacznej części na obsza-



Rys. 1. Złóża i wystąpienia rud uranu w Sudetach i obszary perspektywiczne dla poszukiwań jego złóż; 1 – przedpermskie utwory metamorficzne i magmowe, 2 – granit karkonoski, 3 – kompleksy skał osadowych – karbon-kreda górna, 4 – uskók sudecki brzeżny, 5 – wyeksploatowane złoża uranu, 6 – wyeksploatowane rudy uranowe występujące w złożach innych kopalni, 7 – wyeksploatowane drobne wystąpienia rud uranowych, 8 – złoża ubogich rud uranu, 9 – wystąpienia rud toru, 10 – obszary perspektywiczne dla poszukiwań złóż uranu.

Złóża i wystąpienia rud uranu: 1 – Radoniów, 2 – Podgórze, 3 – Kowary, 4 – Miedzianka, 5 – Kletno, 6 – Okrzeszyn, 7 – Grzmiąca, 8 – Javornik (Czechy), 9 – Markocice (Th)

Fig. 1. Uranium deposits in Sudety Mountains and the areas for their possible prospecting

1 – prepermian metamorphic and magmatic complexes, 2 – Karkonosze granite massifs, 3 – Carboniferous – Cretaceous sedimentary complexes, 4 – Sudety boundary fault, 5 – Exhausted uranium deposits, 6 – exhausted uranium ore occurrences accompanying deposits of other commodities, 7 – mined out small uranium ore occurrences, 8 – lean uranium deposits in sedimentary rocks, 9 – thorium ore occurrences, 10 – areas perspective for prospecting

Uranium deposits and ore occurrences: 1 – Radoniów, 2 – Podgórze, 3 – Kowary, 4 – Miedzianka, 5 – Kletno, 6 – Okrzeszyn, 7 – Grzmiąca, 8 – Javornik (Czechy), 9 – Markocice (Th)

rze chronionym (w rejonie Mierzei Wiślanej) oraz duża zmienność parametrów wystąpień mineralizacji stanowią niekorzystne warunki dla ewentualnej eksploatacji. Szczegółowa analiza wykazała, że klasyczna eksploatacja górnicza jest praktycznie niemożliwa (Klich i in. 1988, 1990). Warunki występowania rejestrowanej mineralizacji (zwłaszcza warunki hydrogeologiczne i duża głębokość) są niekorzystne także dla eksploatacji otworowej (podziemnego ługowania). Czynniki te powodują, że mimo dużych perspektyw wystę-



Rys. 2. Obszary perspektywiczne dla poszukiwań rud uranu w Polsce  
 1 – wyeksploatowane rudy uranu (w złożach samodzielnych, jako kopaliny współwystępującej i towarzyszącej),  
 2 – złoża ubogich rud uranu, 3 – obszar występowania uranonośnych łupków dictyonemowych,  
 4 – wystąpienie rud uranu w piaskowcach triasowych, 5 – obszary perspektywiczne dla poszukiwań złóż uranu

Fig. 2. Areas promising for uranium deposits prospecting in Poland  
 1 – exhausted uranium ores (in independent uranium deposits and in deposits of other ores),  
 2 – uranium deposits of lean ores, 3 – area of occurrence of uranium bearing dictyonema shales,  
 4 – uranium ore occurrence in Triassic sandstones, 5 – area promising for uranium deposits prospecting

powania złóż uranu, obszar syneklizy perybałtyckiej jest na razie niezbyt atrakcyjny dla ich poszukiwań.

Szanse występowania złożowych koncentracji uranu na pozostałych obszarach Polski są znikome. Dość zagadkowo przedstawia się jednak możliwość występowania rud uranu w utworach karbonu produktywnego na Górnym Śląsku. We wschodniej części GZW występują wody radoczyste. Rejestrowano tu też niewielkie wystąpienia mineralizacji uranowej (do 0,26% U) w niektórych pokładach węgla w szczególności w warstwach łaziskich w pobliżu stref uskokowych (Sałdan 1965; Jęczalik 1970). Kwestia wyjaśnienia źródła pierwiastków radioaktywnych w wodach złożowych i możliwości występowania większych koncentracji uranu (typu złóż piaskowcowych) wymaga badań.

## Wnioski

Analiza stanu znajomości złóż uranu i perspektyw ich poszukiwania w Polsce pozwala na sformułowanie poglądu o celowości podjęcia prac badawczych i bardziej zaawansowanych prac poszukiwawczych rekonesansowych oraz poszukiwawczych wstępnych w wytypowanych obszarach.

Na podstawie aktualnego stanu znajomości złóż uranu i wstępnej oceny przesłanek ich występowania, można stwierdzić, że najbardziej obiecującym obszarem dla ich dalszych poszukiwań są Sudety i Monoklina Przedsudecka wraz z perykliną Żar. W szczególności można w Sudetach oczekiwać złóż związanych z metasomatytyami alkalicznymi oraz piaszczystymi (w utworach górnokarbońskich dolnego triasu i kredy górnej). Wskazane jest podjęcie prac badawczych w celu potwierdzenia lub wykluczenia możliwości ich występowania.

Interesującym obszarem z punktu widzenia możliwości występowania złóż uranu jest synekliza perybałtycka, na co już wcześniej zwracano uwagę (Borucki i in. 1967; Bareja 1988; Wołkowicz, Strzelecki 1993). Nie mniej duża głębokość występowania potencjalnych złóż, związane z tym trudności ich poszukiwań i rozpoznawania (wymagających stosowania głębokich, kosztownych wierceń) oraz brak aktualnie opłacalnej możliwości ich eksploatacji (zarówno klasycznej, górniczej jak i otworowej) powoduje, że są one obecnie mało atrakcyjnym obiektem dalszych badań.

Złoża udokumentowane, ubogie: Rajska w ordowickich w łupkach dictyonemowych, na Podlasiu, Okrzeszyn w łupkach węglistych i węglach w depresji wewnętrznosudeckiej oraz Wambierzyce-Radków w łupkach walchowych, stanowią potencjalną bazę zasobową, możliwą do zagospodarowania jeśli nastąpi istotny postęp w technologii wykorzystywaniu tego typu rud ubogich.

Zwrócić wypada też uwagę, że poszukiwanie ukrytych i zakrytych złóż uranu jest zadaniem trudnym bowiem nie manifestują one w sposób wyraźny swej obecności oznakami na powierzchni. Skalę trudności ilustruje przykład poszukiwań, które doprowadziły do odkrycia dużego i bogatego złoża Key Lake w Kanadzie. Obejmowały one prace kartograficzne, geochemiczne oraz geofizyczne przy zastosowaniu szeregu metod i trwały 6 lat do momentu odkrycia złoża, które było w równym stopniu efektem systematycznych prac badawczych i szczęścia (Gatzweiler, Schmeling 1981).

Prace poszukiwawcze za złożami rud uranu w Polsce powinny być już obecnie podjęte, chociażby w niewielkim zakresie, tak by w ciągu kilku lat można było uzyskać albo potwierdzenie ich występowania albo stwierdzić brak szans ich znalezienia. Przede wszystkim powinna być przeprowadzona szczegółowa analiza przesłanek występowania złóż i powinny być podjęte badania w celu ich uściślenia. W ślad za tym powinny być podjęte wstępne prace poszukiwawcze, geofizyczne, geochemiczne, hydrogeochemiczne i wiertnicze w celu wykrycia ewentualnych oznak bezpośrednich (objawów mineralizacji) i pośrednich (anomalii geochemicznych, skał zmienionych, „okołorudnych” itd.) wskazujących na możliwe miejsca lokalizacji potencjalnych złóż. Wykonanie wierceń może być konieczne dla wyjaśnienia budowy geologicznej potencjalnych stref złożowych.

## Literatura

- [1] BANAŚ M., KUCHA H., 1978 – Złoże toru i niobu w metasomatytach obszaru Bogatyni. Zesz. Nauk. AGH Geologia (bez nr), Kraków, s. 7–58.
- [2] BANAŚ M., MOCHNACKA K., 1986 – The two uranium deposits in the polish part of Sudety Mountains. In: Vein type uranium deposits. IAEA-TECDOC-361, Vienna, p. 335–357.
- [3] BANAŚ M., JASKÓLSKI S., MOCHNACKA K., SALAMON W., 1978 – Przejawy mineralizacji uranowej w rejonie pasma kamienieckiego (Pogórze Izerskie). Zesz. Nauk. AGH Geologia (bez nr), Kraków, s. 105–165.
- [4] BAREJA E., 1978 – Metalonośność łupków dictyonemowych w NE części obniżenia podlaskiego. Kwart. Geol. t. 22, nr 2.
- [5] BAREJA E., 1988 – Możliwość zastosowania podziemnego ługowania uranu w złożach piaskowcowych metodą wiertniczą. Przegl. Geol. nr 5, s. 272–273.
- [6] BAREJA E., PRZENIOSŁO S., 1986 – Geologiczne przesłanki i koncepcje poszukiwań pierwiastków promieniotwórczych w Polsce. W: Problemy badań i poszukiwań surowców mineralnych. I polsko-jugosławijskie sympozjum. NOT SliTG Warszawa, s. 19–39.
- [7] BERNARD J.H., POUBA Z., 1986 – Rudni lożiska a metalogeneze československé části Českého masivu. Vyd. UUG, Praha.
- [8] BORUCKI J., GŁOWACKI Z., MASŁOWSKI W., SAŁDAN M., UBERNA J., ZAJĄCZKOWSKI W., 1967 – Ocena perspektyw poszukiwawczych złóż rud uranu w Polsce. Prace IG. Wyd. Geol. Warszawa.
- [9] BORZECKI R., 2004 – Górnictwo uranu w Polsce. Otoczak nr 31, s. 28–43.
- [10] Commission of the European Communities, 2008 – The raw materials initiative – meeting our critical needs for growth and jobs in Europe. COM(2008) 699, SEC(2008) 2741.
- [11] CWOJZIŃSKI S. i in., 2009 – Ocena perspektyw występowania złóż rud metali w Sudetach i na bloku przedsudeckim w nawiązaniu do aktualnych modeli geotektonicznych. Arch. PIG, Warszawa-Wrocław.
- [12] GATZWEILER R., SCHMELING B., 1981 – Exploration of the Key lake uranium deposits, Saskatchewan, Canada. In: Uranium exploration case histories. IAEA, Vienna, p.195–220.
- [13] GEDDES W.P., 1983 – In situ leaching uranium mining. A review. In: Energy exploration and exploitation. London.
- [14] JASKÓLSKI S., 1967 – Polimetaliczna mineralizacja tlenkowo-siarczkowa w granitognejsach gór Izerskich (Dolny Śląsk) i jej pochodzenie. Prace Geologiczne PAN, nr 43. Wyd. Geol. Warszawa.
- [15] JAWOROWSKI K., 1986 – Source of uranium in the Elbląg formation (Upper Buntsandstein): sedimentological approach. Przegl. Geol. nr 4, s. 184–188.
- [16] JELIŃSKI A., 1965 – Geochemia uranu w granitowym masywie Karkonoszy z uwzględnieniem innych masywów granitoidowych Dolnego Śląska. Biul. IG 193, Z badań złóż kruszców t. 5, s. 5–110.
- [17] JĘCZALIK A., 1970 – Geochemia uranu w uranonośnych węglach kamiennych w Polsce. Biul. IG 224, s. 103–204.
- [18] KANASIEWICZ J., SAŁDAN M., UBERNA J., 1965 – Uranonośność pstrego piaskowca okolic Pasłęka. Biul. IG 193, Z badań złóż kruszców t. 5, s.171–205.
- [19] KLICH J., CYRNEK C., NIEĆ M., UBERMAN R., ŁUCKI Z., FRANIK T., HAJDO S., ZIĘBA A., LANDZIANOWSKI A., 1988 – Analiza danych geologicznych i geofizycznych o mineralizacji uranowej w triasie syneklizy perybałtyckiej pod kątem przydatności do oceny warunków geolo-

- giczno-górnicych występowania mineralizacji. Cz. II. Określenie możliwości technologicznych eksploatacji złóż uranu na podstawie oceny warunków geologiczno-górnicych. PIG Warszawa, CPBR 1.7, CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [20] KLICH J., NIEĆ M., UBERMAN R., CYRNEK C., ŁUCKI Z., FRANIK T., HAJDO S., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., 1990 – Wstępne studium założeń geologiczno-technicznych dla eksploatacji uranu w utworach triasu rejonu gdańskiego. Cz. II. Określenie wstępnych założeń technicznych do eksploatacji podziemnej i otworowej złóż uranu w syneklizie perybaltyckiej. PIG Warszawa, CPBR 1.7, CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [21] LIS J., 1970 – Geochemia niektórych pierwiastków w granitoidowym masywie Karkonoszy. Biul. IG 224, s. 6–102.
- [22] LIS J., SYLWESTRZAK H., 1979 – Episyjenity a perspektywy występowania śródgranitowych złóż uranu w masywie Karkonoszy. Przegl. Geol. nr 4.
- [23] MADZIARZ M., 2009 – Kopalnie „Czarnów”, „Miedzianka” i „Stara Góra” w poszukiwaniach okruszcowania uranowego oraz rud metali w latach 40. i 50. XX w. W: Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury. Oficyna Wyd. Polit. Wrocław. Wrocław, s. 166–193.
- [24] MIECZNIK J.B., 1990 – Koncentracje uranu w utworach karbonu górnego i permu w Depresji Śródsudeckiej. Biul. PIG 364, s. 61–95.
- [25] MIECZNIK J.B., STRZELECKI R., 1979 – Możliwości występowania mineralizacji uranowej w niektórych formacjach osadowych Sudetów. Przegl. Geol. Nr 6, s. 314–317.
- [26] MOCHNACKA K., 1978 – Uranonośność strefy Kopańca i Małej Kamienicy (Pogórze Izerskie) na tle metalogenii bloku karkonosko-izerskiego. Zesz. Nauk. AGH Geologia (bez nr), Kraków, s. 59–103.
- [27] NIEĆ M., 1968 – Mineralizacja złoża siarczków żelaza i syderytu w Rudkach w Górach Świętokrzyskich. Prace Geol. PAN 46, Kraków.
- [28] NIEĆ M., MOTYKA J., NAŁĘCKI T., 1989 – Wstępne studium założeń geologiczno-technicznych dla eksploatacji uranu w utworach triasu rejonu gdańskiego. Cz. I. Wariantowe przedstawienie modeli złóż w ujęciu geologii inżynierskiej i hydrogeologii. PIG Warszawa, CPBR 1.7, CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [29] NIELUBOWICZ B., WRÓBLEWSKI T., 1963 – Przyczynek do znajomości okruszcowania uranowego w węglach warstw radwanickich na Dolnym Śląsku. Kwart. Geol. t.7, nr 1, s. 114–130.
- [30] PAWŁOWSKA J., 1968 – Leukogranity Pogórza Izerskiego jako źródło surowca skaleniowego. Biul. IG 223, s. 5–79.
- [31] PIENIŃSKI D., BOGDANOW A., SZAFRANOW S., OWCZYNNIKOW A., 1958 – Orzeczenie grupy ekspertów radzieckich o zasobach rud uranowych i perspektywach poszukiwawczych i rozpoznaniu złóż w Polskiej Rzeczpospolitej Ludowej. W: Zdulski L. – Źródła do dziejów kopalnictwa uranowego w Polsce, s. 39–62.
- [32] PRZENIOSŁO S., 1970 – Geochemia uranu w aluwialach wschodniej części obszaru metamorfiku Łądka i Śnieżnika Kłodzkiego. Biul. IG 224, s. 205–298.
- [33] SALDAN M., 1965 – Metalogeneza uranu w utworach karbońskich Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Biul. IG 193, Z badań złóż kruszców t. 5, s. 111–169.
- [34] SALDAN M., STRZELECKI R., 1980 – Uranium in the Bunter sediments of the polish area. Biul. IG 328, Geology of Poland 3, p. 95–104.
- [35] SCHNEIDERHÖHN H., 1962 – Złóża rud. Wyd. Geol. Warszawa.
- [36] SMOLARSKA I., 1974 – Studia nad okruszcowaniem triasu w Polsce. Prace Mineralog. PAN 47, Kraków.



- [37] SOLECKI A. T., 2005 – Radioaktywność masywu granitowego Karkonoszy. W: Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. U. Wr. Wrocław, s. 261–270.
- [38] SZECÓWKA M., 1987 – Mineralizacja uranowa w Rudkach koło Słupi Nowej (Góry Świętokrzyskie), Prace Geol. PAN 133, Kraków.
- [39] SZUMILIN M.W., MUROMCEW N.M., BROWIN K.G., GRABOWNIKOW W.A., KAZARINOW B.P., UWAROW E.F., 1985 – Razwiedka miastoroźdzenij urana dla otrabotki metodom wyszczelaczianija. Nedra. Moskwa.
- [40] WOŁKOWICZ S., STRZELECKI R., 1993 – Prawda i mity o złożach uranu w Polsce. II Konf. Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi. Zakopane. Sympozja i Konf. CPPGSMiE PAN 9, s. 191–199.
- [41] WRÓBLEWSKI T., 1962 – Przejawy mineralizacji uranowej w warstwach radwanickich. Kwart. Geol. t. 6, nr 4.
- [42] ZDULSKI L., 2000 – Źródła do dziejów kopalnictwa uranowego w Polsce. Wyd. PiG, Warszawa.

Marek NIEĆ

## Occurrences of uranium ore in Poland and possibilities for prospecting for uranium deposits

### Abstract

The review of the state of knowledge of uranium ore in Poland suggests the possibilities of finding concealed uranium deposits. The respective study of their possible mode of occurrences, reconnaissance and preliminary prospecting in preliminary designed areas should be undertaken. Such areas exist in Sudety Mountains and in North East Poland. In Sudety Mt. The vein intragranitic, alkaline metasomatite related and sandstone type (in upper Carboniferous and Cretaceous formation) deposit could be expected. On Foresudetic monocline, Żary pericline and Peribaltic syneclise sandstone type deposits in Triassic sandstone may occur. More advanced study on their possible mode occurrence and prospecting premises are recommended.

Known low quality deposits Rajska in the Ordovician dictyonema shales in North East Poland, Okrzeszyn in carbonaceous shales and coals in Intrasudetic depression and Wambierzyce-Radków in walcia shales contains ore resources which utilization would be possible if considerable progress will be gained in uranium recovery from such lean ores.

KEY WORDS: uranium ore deposits, prospecting, Poland

