

Rožná — ostatnie eksploataowane złożo uranu w Czechach

Jakub Jirásek*, Jaroslav Badera**



J. Jirásek

J. Badera

Republika Czeska pod względem łącznego wydobycia uranu w okresie lat 1946–2000 zajmowała szóste miejsce wśród największych producentów uranu na świecie. Z produkcją ponad 100 tysięcy ton czystego metalu ustępowała tylko USA, Kanadzie, Niemcom, RPA i Rosji.

Na terenie Czech odkryto 164 złoża i przejawy mineralizacji uranowej. Spośród nich aż 66 było eksploataowanych w drugiej połowie minionego stulecia. Z ośmiu złożów uzyskano 1–10 tys. t uranu, a z czterech ponad 10 tys. t metalu (Aulický i in., 2003).

Najstarszym miejscem wydobycia uranu w Czechach i na świecie jest Jáchymov, położony w południowej części Krušných Hor (Gór Krušcowych), na północ od Karlovyh Var (ryc. 1). Złożo to rozślawiło się także tym, że w jego rudzie Maria Skłodowska-Curie i Pierre Curie opisali w 1898 r. dwa nowe pierwiastki chemiczne — polon i rad. Od 1516 do 1945 r. wydobywano tu rudy srebra, kobaltu i niklu, a od połowy XIX w. także uranu. W latach 1853–1908 uran z Jáchymova był wykorzystywany do produkcji barwników szkła i porcelany, a w okresie 1909–1945 z rudy uranowej produkowano rad do celów medycznych. Następnie, do roku 1962 r., pozyskiwano uran jako surowiec techniki nuklearnej. Od 1530 r. do dziś w Jáchymovie funkcjonuje kopalnia Svornost, w której od 1964 r. ujmuje się wody termalne zawierające radon. Są one z powodzeniem wykorzystywane w miejscowym, światowej sławy uzdrowisku do leczenia chorób układu ruchowego (reumatyzm i in.).

Największym złożem rud uranu był Příbram leżące u podnóża masywu Brdów, ok. 50 km na SSW od Pragi (ryc. 1), z którego pochodzi ok. 40% ogólnej powojennej produkcji uranu w Czechach. Eksploatacja złoża zakończyła się w 1991 r. Wydobycia rud Zn–Pb–Ag w tym rejonie (z pół Březové Hory i Bohutín) zaniechano ostatecznie już w 1979 r.

W położonym na zachód od Liberca złożu Stráž, uran był eksploataowany podziemnie oraz otworowo, poprzez ługowanie *in situ* (roztworem kwasu siarkowego) z piaskowców cenomańskich. Przemysłowa eksploatacja tym sposobem zakończyła się w 1996 r., jednak jeszcze przez długi czas, w ramach sanacji obszaru, czerpane tu będą otworami resztkowe roztwory zawierające uran.

Era czeskiego górnictwa uranowego i kruszcowego dobiega już końca. W latach 90. XX w. likwidowano kolejno kopalnie Cínovec i Horní Slavkov (Sn–W), Příbram (U), Kutná Hora (Zn–Pb–Ag), Křižanovice (Zn–Pb–Cu), Zlaté Hory wschód (Cu–Zn–Pb), Měděnec (Fe–Cu), Krásná Hora (Au–Sb), Horní Benešov (Pb–Ag–Zn), Zlaté Hory

zachód (Au–Cu–Pb–Zn), Stráž pod Ralskem i Hamr na Jezeře (U) — (ryc. 1). W eksploatacji jest jeszcze złożo Rožná, położone w miejscowości Dolní Rožinka (Česko-moravská vrchovina, ok. 50 km na NW od Brna), którego wykorzystanie ma zakończyć się najpóźniej w 2006 r. Właśnie temu złożu jest poświęcona zasadnicza część niniejszego artykułu.

Budowa geologiczna i mineralizacja

Złożo Rožná jest typowym przykładem hydrotermalnego okruszcowania uranowego. W odróżnieniu od stosunkowo bogatych (ok. 1% U), żyłowych złożów uranowo-polimetalicznych, takich jak: Příbram, Jáchymov i Horní Slavkov, mamy tu do czynienia z uboższym (0,1% U) okruszcowaniem rozproszonym w strefach dyslokacyjnych. Rudy podobnego typu były w przeszłości eksploataowane w złożach Olši, Zadní Chodov oraz Okrouhlá Radouň (ryc. 1).

Pole rudne Rožná–Olši jest zlokalizowane w obrębie kompleksu zmetamorfizowanych skał osadowo-wulkanicznych wieku prekambryjskiego (ryc. 2). Z punktu widzenia podziału geologicznego masywu czeskiego jest to moldanubikum strážeckie. W złożu występują skały, tzw. pstrej grupy, zbudowanej głównie z paragnejsów plagioklazowo-biotytowych (częściowo zmigmatyzowanych), granitognejsów oraz amfibolitów. W jej obrębie występują ponadto wkładki dolomitycznych marmurów, erlanów, serpentynitów, piroksenitów i granitów aplitowych.



Ryc. 1. Rozmieszczenie i typy złożów uranu w Czechach; złoża: a — Jáchymov, b — Háječek, c — Horní Slavkov, d — Zadní Chodov, e — Vítkov, f — Hamr, g — Stráž, h — Osečná–Kotel, i — Příbram, j — Radvanice, k — Okrouhlá Radouň, l — Javorník (Zálesí), m — Rožná, n — Olši

*Vysoká škola báňská — Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava, Czechy; jakub.jirasek@vsb.cz;

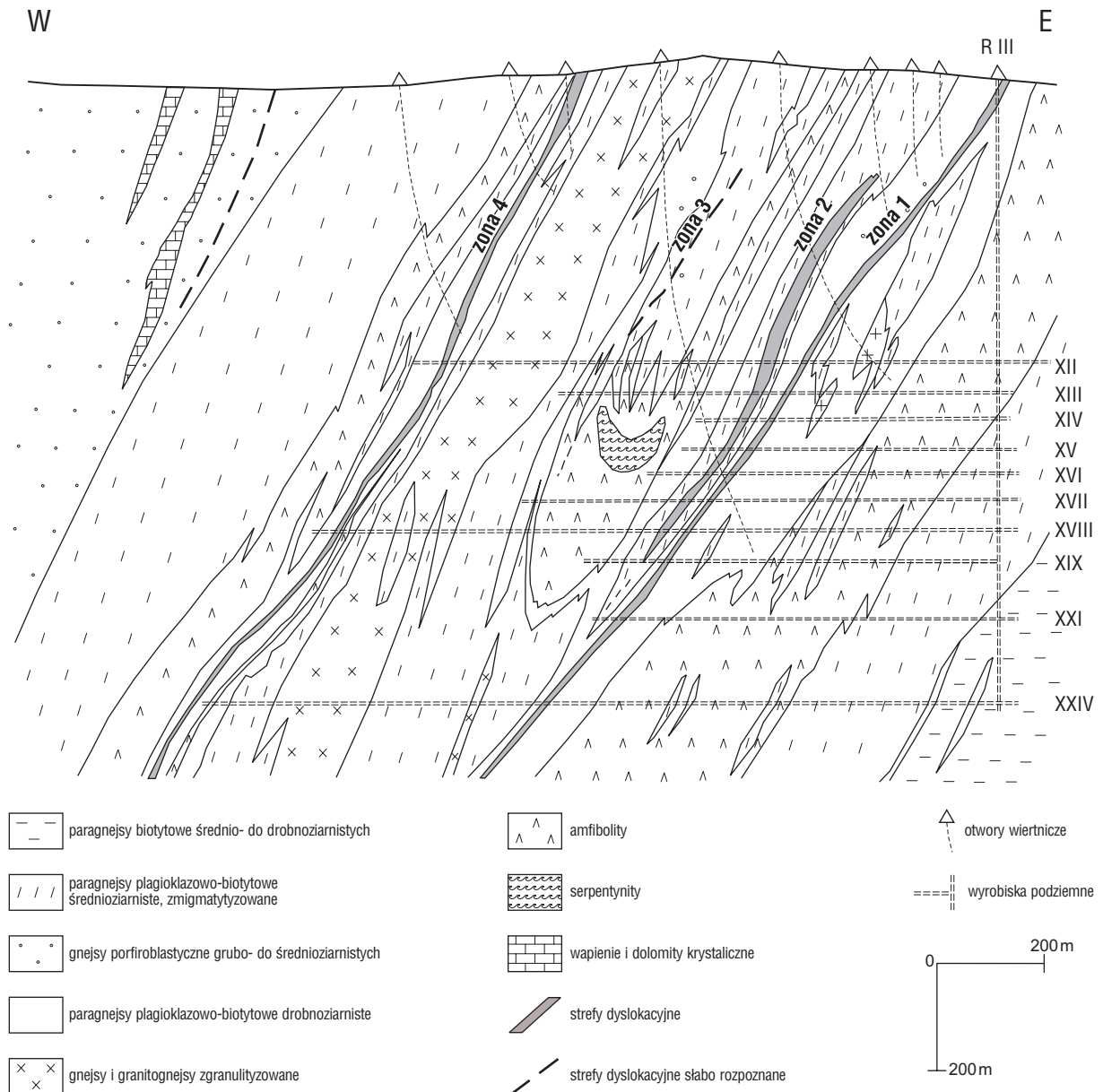
**Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; jbadera@wnoz.us.edu.pl

Kompleks skalny tworzy wiązkę izoklinalnych fałdów o kierunku NNW–SSE (Hájek, 2001). Przecinają go strefy dyslokacyjne o kierunku 340–355° z upadem 45–70° na zachód, związane z lineamentem Łaby. Dyslokacje te tworzą główne struktury rudonośne (ryc. 2). Ich szerokość waha się od kilku do 30 m, długość po biegu wynosi 10–15 km, a upad zmniejsza się wraz z głębokością. Wypełnienie stref tworzą skały zbrekcjowane i spojone mylonitem z domieszką grafitu, pirytu i węglanów (te ostatnie występują często w formie drobnych żyłek). Mineralizacja uraninitowa tworzy w ich obrębie soczewkowate ciała z okruszczeniem silnie rozproszonym. Miąższość ciał osiąga kilka metrów, a długość po biegu i po upadzie dochodzi do kilkuset metrów. Mineralizacji towarzyszą zmiany metasomatyczne polegające na muskowityzacji biotytu, chlorytyzacji i karbonatyzacji, typowe jest też czerwone zabarwienie skalenia (Arapov i in., 1984). Uraninit pojawia się także jako wrostki w żyłkach kalcytowych. Udokumentowane okruszczenie w strefach tektonicznych zanika na głębokości 1100 m. Niemniej na głębokości

1200 m zostały odkryte kolejne struktury rudonośne kontynuujące się w głąb, całkowity zakres głębokościowy okruszczenia nie został zatem rozpoznany.

Formami niższego rzędu są opierające w stosunku do stref tektonicznych, niskotemperaturowe żyły kalcytowe z podrzędnym udziałem innych minerałów, o grubości do 2,5 m i długości 4–5 km. Związana z nimi mineralizacja uraninitowa (ryc. 4, 5) jest kilkukrotnie intensywniejsza, ale rozwinięta nierównomiernie. Poszczególne ciała rudne są mniej wyraźne i mają niewielkie rozprzestrzenienie (do 100 m długości po biegu i po upadzie). Choć większość z nich występuje stosunkowo blisko powierzchni terenu, eksploatowane były jedynie w początkowej fazie udostępniania złoża.

Trzeci typ ciał rudnych tworzą nieregularne strefy okruszczenia metasomatycznego. Występują one na głębokości ponad 600 m, w pobliżu głównych stref tektonicznych (często są do nich równoległe). Strefy zalbityzowane osiągają miąższość do 10 m, a okruszczenie uraninitowe w ich obrębie ma charakter rozproszony.



Ryc. 2. Przekrój geologiczny przez złożo Rožná (Aulický i in., 2003, zmodyfiowany)



Ryc. 3. Ruda uranu — stektonizowany i zgrafityzowany gnejs z żyłkami kalcytu i rozproszonym uraninitem. Kopalnia Rožná, rejon szybu R–7S, poziom 21, głębokość 1050 m (fot. J. Badera)

Także i ono, w większości przypadków, nie ma charakteru bilansowego. Dominują przede wszystkim ciała ubogich rud w strefach dyslokacyjnych.

Zawartość uranu w ciałach rudnych waha się w zakresie 0,01–0,5%, aczkolwiek w niektórych przodkach dochodzić może wyjątkowo do 5%! Za bilansowe uważa się okruszcowanie o koncentracji powyżej 0,05% metalu. Średnia zawartość uranu w zasobach bilansowych wynosi 0,308% (Kavina i in., 2004).

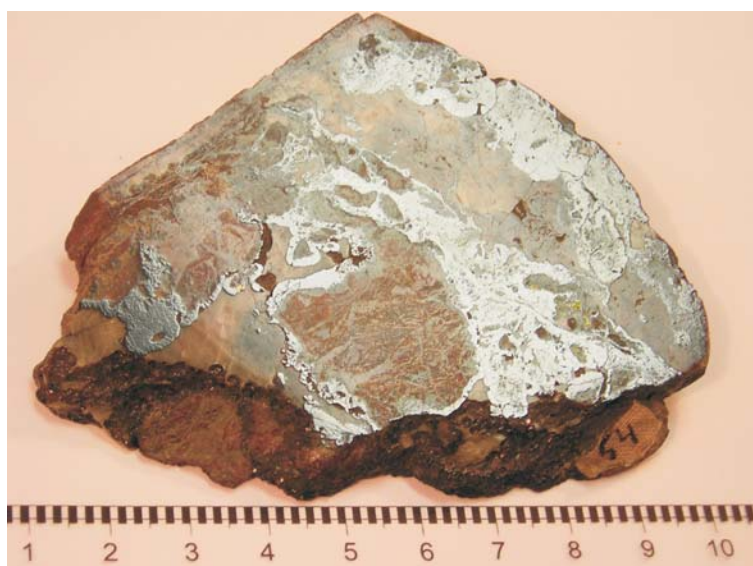
W obrębie pola rudnego Rožná–Olší wyróżnia się obecnie 11 asocjacji mineralnych (Šikola, 2001). Paragenety grafitowo-pirytowa, skarnowo-siarczkowa i kwarcowo-węglanowa mają charakter przedrudny. Minerale uranu są obecne w sześciu kolejnych asocjacjach: kalcytowo-uraninitowej, kalcytowo-chlorytowo-uraninitowej, chlorytowo-uraninitowej, kalcytowo-uraninitowo-selenkowej, uraninitowo-montroseitowej i brannerytowej. We wszystkich asocjacjach w paragenecie z uraninitem występuje coffinit. Branneryt i montroseit pojawiają się rzadko i tylko lokalnie (również w towarzystwie kalcytu i chlorytu), znane są także nie posiadające znaczenia ekonomicznego wystąpienia wtórnych minerałów uranu (głównie mik uranowych). Do najmłodszych paragenez w złożu należą asocjacje kwarcowo-kalcytowo-siarczkowa oraz pirytowo-zeolitowa. Obok powszechnie występującego pirytu, dość popularnym minerałem kruszcowym jest galena. Szczególnie godne uwagi są znaczne nagromadzenia selenków w żyłach kalcytowo-uraninitowych, głównie z północnych części złoża. Opisano łącznie 17



Ryc. 4. Groniaste skupienie uraninitu w żyłce kalcytowej. Kopalnia Rožná, zbiory VŠB–TU Ostrava (fot. J. Jirásek)

selenków miedzi, ołowiu, żelaza, srebra itp., wśród których najpowszechniejsze są berzelianit i umangit. Między nimi są też trzy minerały opisane po raz pierwszy w rudach ze złoża Rožná (bukovit, sabatieryt, bellidoit), a dwa kolejne (krutait i petrovicyt) pochodzą z pobliskiego złoża Slavkovice.

Rozmieszczenie okruszcowania jest kontrolowane czynnikami strukturalnymi (wygięcia i kontakty stref tektonicznych) oraz mineralogicznymi (przedrudny piryt i chloryt sprzyjały wytrącaniu się minerałów uranowych z roztworów hydrotermalnych; Arapov i in., 1984). Pomimo występowania w obrębie skał prekambryjskich, wiek okruszcowania jest waryscyjski (280–250 mln lat). Pod wpływem geologicznej ewolucji regionu doszło do częściowej regeneracji minerałów uranu w okresie kimeryjskim (180–150 mln lat; Aulický i in., 2003). W obrębie złoża uranowego stwierdzono także przeduranową, stratoidalną mineralizację barytowo-sfalerytową typu podmorskich ekshalacji, jednak nigdy nie doszło do jej zagospodarowania.



Ryc. 5. Uraninit o półmetalicznym połysku, tworzący spoiwo brekcji tektonicznej. Kopalnia Rožná, zbiory VŠB–TU Ostrava (fot. J. Jirásek)

W ogólnym zarysie, złożo Rožná jest zbliżone pod względem wykształcenia do złóż zlokalizowanych w kanadyjskiej prowincji Saskatchewan, zarówno uraninito-wo-węglanowych typu Beaverlodge (Beck, 1970), jak i żyłopodobnych, związanych z proterozoiczną niezgodnością stratygraficzną, np. Cluff Lake, Key Lake czy Rabbit Lake (Grauch & Mosier, 1986).

Zagospodarowanie złoża

Złożo Rožná zostało odkryte w 1954 r. podczas poszukiwań radiometrycznych metodami autogamma i emacyjną. Istnieją jednak informacje wskazujące, że okruszczenie w tym rejonie było znane jeszcze przed II wojną światową. Wydobycie trwa od 1957 r. do dziś, z kulminacją przypadającą na lata 70. ubiegłego wieku.

Obszar górniczy kopalni Rožná posiadał wielkość 12 km², obecnie jednak został zredukowany do 8,8 km². Udo-
stępnie złoża do głębokości 1200 m pod powierzchnią terenu (poziom 24) było przeprowadzone 11 szybami o łącznej długości 6690 m. Prace górnicze prowadzone są obecnie w interwale 1000–1100 m. Obecnie, jako jedyny system wydobycia rudy, stosowane jest podziemne, zstępujące urabianie bloków eksploatacyjnych poziomymi wybierkami 3-metrowej wysokości, na zawał, pod sztucznym stropem. Skalę urabia się za pomocą materiałów wybuchowych, a następnie urobek jest zgarniany do zsy-pów w szybkach blokowych. Metoda taka umożliwia eksploatację stref rudnych zapadających pod dużym kątem.

Kontrola dawek promieniowania jonizującego prowadzona jest za pomocą stałej sieci monitoringu oraz dozometrów osobistych. W przypadku przekroczenia dopuszczalnej dawki pracownik jest wycofywany natychmiast na powierzchnię. Łączny czas pracy górnika pod ziemią wynosi maksymalnie 2100 dni roboczych (Michálek i in., 2004). Wystarczającą ochronę przed emanacjami radono-
stanowi sprawny system wentylacyjny kopalni.

Ogółem do roku 2004 wydobyto 17 740 t uranu (Michálek i in., 2004). Produkcja górnicza w 2003 r. wyniosła 458 t uranu (Kavina i in., 2004). Wzbogacanie rudy prowadzone jest w Zakładzie Przeróbki Chemicznej Dolni Rožínka. Był on oddany do użytku w 1968 r. i przerabia całość urobku rudnego kopalni, jednak (po zamknięciu innych kopalni w okolicy) część jego mocy produkcyjnych pozostaje niewykorzystana. Przeróbka wydobytej rudy polega na drobnym zmieleniu i ługowaniu surowca za pomocą roztworu sody kalcynowanej Na₂CO₃, pod ciśnieniem atmosferycznym, w temperaturze ok. 85°C. Otrzymany w ten sposób roztwór jest poddawany kolejno procesom sorpcji, eluacji i wytrącania. Uzysk uranu w trakcie przeróbki hydrometalurgicznej wynosi ok. 95% (Aulický i in., 2003). Po odfiltrowaniu i wysuszeniu strąconego kondensatu otrzymuje się dwuuranian amonowy (NH₄)₂U₂O₇, czyli tzw. żółty kek, który jest surowcem handlowym.

Kopalnia i Zakład Przeróbki Chemicznej należą do państwowego przedsiębiorstwa DIAMO, oddział GEAM Dolni Rožínka. Jedynym odbiorcą koncentratu uranowego jest spółka akcyjna ČEZ (České energetické závody), której głównym właścicielem jest skarbnik państwa Republiki Czeskiej. Nadwyżki, wynikające z różnicy między produkcją kopalni a zapotrzebowaniem, były w latach 90. minio-
nego stulecia wykupywane do rezerw państwowych. Surowiec z nich został sprzedany w latach 2001–2004 na podstawie uchwały parlamentu Republiki Czeskiej. Koncentrat uranowy nie jest przerabiany w Czechach, ale w innych krajach (USA, Rosja), skąd importuje się do Czech

paliwo jądrowe. Wykorzystanie uranu w Czechach w roku 2003 wyniosło 690 t. Składa się na to zużycie elektrowni jądrowych w Dukovanach i Temelinie (odpowiednio 330 i 360 t/rok).

Pozostające w dyspozycji zasoby przemysłowe złoża Rožná na dzień 1.07.2004 wynosiły 700 t uranu. Według rozporządzenia władz od połowy 2005 r. kopalnia ma zostać postawiona w stan likwidacji, a działalność górnicza ma zakończyć się ostatecznie w połowie 2006 r. Ostatnie prace geologiczno-poszukiwawcze w opisywanym rejonie zostały zakończone już w 1991 r. Wydobycie rud z głębokości ponad 1200 m wymagałoby otwarcia nowych poziomów kopalni i dodatkowych prac poszukiwawczych, co w konsekwencji doprowadziłoby do spadku opłacalności wydobycia poniżej poziomu rentowności zakładu.

Równoległe z działalnością górniczą przedsiębiorstwo DIAMO prowadzi też rekultywację obszarów eksploatacyjnych. Z kilkudziesięciu głównych wyrobisk górniczych w obszarze Rožná–Olší, większość została już zrehabilitowana poprzez zasypanie. Zlikwidowana została też część obiektów infrastruktury powierzchniowej. Hałdy pogórnice są stopniowo stabilizowane i zalesiane, a część zezwałowanego materiału została lub zostanie użyta do zasypania szybów i rekultywacji stawów osadowych. W trakcie przeróbki rud uranu powstały dwa stawy osadowe, na których deponowane są odpady po wzbogacaniu surowca. Znajduje się na nich ok. 11 mln t szlamu przerobczego. Po zakończeniu działalności zakładu wzbogacania, także i one zostaną zrehabilitowane. Przez długi okres czasu niezbędne będzie też czyszczenie wód dołowych, przesączających się z zatopionych kopalni — przed zrzuceniem do cieków powierzchniowych woda ta kierowana jest do stacji dekontaminacji (Šenk, 2001).

Wraz z zaprzestaniem wydobycia ze złoża Rožná zakończy się cała era czeskiego górnictwa rud, które ma tysiącletnią tradycję. Uran pozostanie jednak ważnym źródłem energii. W Czechach istnieje wciąż potencjał złożowy (7 udokumentowanych złóż, zawierających ponad 100 tys. t uranu w rudach bilansowych i pozabilansowych) o charakterze perspektywicznym. Nadzieje na udokumentowanie kolejnych zasobów mogą budzić także niektóre przejawy mineralizacji, które nie były dotąd przedmiotem szczegółowej dokumentacji geologicznej. Obecnie brak jednak funduszy na rozpoznanie, a zwłaszcza udostępnienie nowych złóż, a ich ewentualna eksploatacja byłaby prawdopodobnie nieopłacalna.

Literatura

- ARAPOV J.A., BOJCOV V.J. & ČESNOKOV N.I. (red.) 1984 — Československá ložiska uranu. Československý uranový průmysl, Praha.
AULICKÝ R., IVÁNYI K. & KAFKA J. (red.) 2003 — Rudné a uranové hornictví České republiky. Anagram, Ostrava.
BECK L.S. 1970 — Genesis of uranium in the Athabasca region and its significance in exploration. *CJM Bull.*, 63: 367–377.
CIMALA Z. 1997 — Po stopách prúzkumu a těžby uranových ložisek na Moravě a Východních Čechách. GEAM, Dolni Rožínka.
GRAUCH R.I. & MOSIER D.L. 1986 — Descriptive model of unconformity U–Au. [W:] Cox D.P. & Singer D.A. (red.) — Mineral deposit models. *US Geological Survey Bull.*, 1693: 248.
HÁJEK A. 2001 — Geologická charakteristika rudního pole Rožná–Olší. *Minerál*, 9: 118–124.
KAVINA P., STARÝ J. & VANĚČEK M. (red.) 2004 — Surovinové zdroje České republiky. Nerostné suroviny (stav 2003). ČGS–Geofond, Praha.
MICHÁLEK B., HÁJEK A. & KRÍŽ P. 2004 — Poznatky z těžby uranového ložiska Rožná. Uhlí — rudy — geologický průzkum, 11: 3–10.
ŠENK B. 2001 — Historie těžby a úpravy uranu v rudním poli Rožná–Olší. *Minerál*, 9: 113–118.
ŠIKOLA D. 2001 — Přehled mineralogických výzkumů rudního pole Rožná–Olší. *Minerál*, 9: 124–134.