

## MAPY GEOŚRODOWISKOWE OBSZARÓW PRZYGRANICZNYCH JAKO NARZĘDZIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU REGIONU I OCHRONY DZIEDZICTWA GEOLOGICZNEGO

### GEO-ENVIRONMENTAL MAPS OF TRANSBORDER AREAS AS A TOOL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND GEOLOGICAL HERITAGE PROTECTION

BARBARA RADWANEK-BAK<sup>1</sup>, IZABELA LASKOWICZ<sup>1</sup>, BOGUSŁAW BAK<sup>1</sup>, ROBERT KOPCIEWSKI<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Jedną z form aktywności w ramach współpracy polsko-ukraińskiej jest opracowanie map geośrodowiskowych obszarów przygranicznych. Mapy takie wraz z syntetyczną informacją objaśniającą zawierają kompleksowe informacje o budowie geologicznej, zasobach kopalin, ich wykorzystaniu, walorach przyrodniczych i kulturowych regionu, formach ochrony, a także o charakterze i źródłach antropopresji oraz związanych z nią zagrożeń poszczególnych komponentów środowiska naturalnego. Mogą stanowić narzędzie wspomagające zrównoważoną gospodarkę zasobami środowiska naturalnego i przestrzeni, przyczynić się do efektywniejszej ochrony wspólnego dziedzictwa geologicznego całego regionu. Prezentowana publikacja przedstawia koncepcję opracowania takiej mapy oraz wstępne rezultaty badań wykonanych w latach 2006–2007 na obszarze przygranicznym Polski i Ukrainy między Lubaczowem a Radymnem po stronie polskiej oraz Rawą Ruską i Iwano-Frankowem po stronie ukraińskiej. Dotyczyły one jednego z ważnych elementów środowiska naturalnego – oceny potencjału surowcowego omawianego terenu.

**Słowa kluczowe:** współpraca transgraniczna, złoża kopalin, mapy geośrodowiskowe.

**Abstract.** Development of geo-environmental maps of transborder areas should be one of the significant form of activity in bilateral cooperation between Poland and Ukraine. Such maps accompanied by a guiding text contain the complex information about the geology, mineral resources and economic aspects of deposits, nature-cultural values of the described area, nature protection forms, as well as about anthropopression sources and the character of environmental hazard. They could be used as a tool helping the sustainable management of the environment and space (land use planning), particularly in contributing to the more effective protection of regional-scale natural heritage. The paper is dedicated to a concept of such maps and shows the preliminary results of the research performed in 2006–2007 in the Polish-Ukrainian transborder area located between Lubaczów–Radymno (Poland) and Rava Ruska–Ivano-Frankove (Ukraine). They were related to the mineral resources potential assessment, which seems to be one of the most important elements of the environment.

**Key words:** transborder cooperation, mineral deposits, geo-environmental maps.

---

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków;  
e-mail: barbara.radwanek-bak@pgi.gov.pl; izabela.laskowicz@pgi.gov.pl; boguslaw.bak@pgi.gov.pl; robert.kopciowski@pgi.gov.pl

## WSTĘP

Dla harmonijnego rozwoju współpracy na terenach transgranicznych oraz realizacji postulatów zrównoważonego rozwoju w skali regionalnej i ponadregionalnej niezbędna jest wymiana informacji. Jednym ze sposobów ujednoczonego zbierania i gromadzenia różnorodnych informacji z zakresu szeroko pojętej geologii środowiskowej jest tworzenie wspólnej bazy danych, przy wykorzystaniu metodyki stosowanej dla opracowania map geośrodowiskowych Polski.

Mapy geośrodowiskowe Polski w skali 1:50 000 opracowywano w ramach wieloletniego programu w latach 2002–2012. Stanowią one wizualizację danych zebranych w cyfrowej bazie danych, opracowaną w systemie GIS. Jej zawartość treściowa obejmuje dane dotyczące wielu komponentów środowiska przyrodniczego: występowania złóż kopalin i perspektyw surowcowych, górnictwa i przetwórstwa kopalin, hydrogeologii, geologii inżynierskiej, obszarów i obiektów przyrody ożywionej i nieożywionej objętych ochroną, walorów kulturowych (zabytki, stanowiska archeologiczne, miejsca pamięci narodowej). Odrębnym modułem bazy danych są informacje dotyczące geochemii środowiska

oraz możliwości składowania odpadów. Ogółem opracowano 1085 arkuszy map, obejmując obszar całego kraju.

Pilotażowe badania o zbliżonym zakresie tematycznym prowadzono w latach 2006–2007 w ramach projektu „Atlas środowiska abiotycznego w pasie granicznym Ukrainy i Polski w skali 1:200 000 – 1:500 000”. Próbę podjęcia tego tematu umożliwiło porozumienie o współpracy między Państwowym Instytutem Geologicznym a Instytutem Geologii, Geochemii Surowców Energetycznych Akademii Nauk Ukrainy we Lwowie. W związku z brakiem stosownych regulacji formalnoprawnych na szczeblu ministerstw obu partnerów i związane z tym trudności finansowe oraz kłopoty z pozyskaniem i publikacją niektórych danych ten ciekawy projekt nie doczekał się jednak pełnej finalizacji i wydania atlasu. Wydaje się, że w obecnej sytuacji geopolitycznej i wobec coraz częstszych kontaktów naukowych, gospodarczych i społecznych obu krajów nawiązanie do tej tematyki lub opracowanie map geośrodowiskowych obszarów transgranicznych wydaje się w pełni uzasadnione i może stanowić jeden z elementów programu partnerstwa wschodniego.

## ZAŁOŻENIA METODYCZNE OPRAWOWANIA TRANSGRANICZNYCH MAP GEOŚRODOWISKOWYCH

Proponuje się, aby metodyka opracowania map oraz ich zakres tematyczny bezpośrednio nawiązywały do mapy geośrodowiskowej Polski (Instrukcja opracowania..., 2005). Powinna ona obejmować te same warstwy tematyczne, zwłaszcza informacje dotyczące występowania złóż kopalin, lokalnych i regionalnych perspektyw surowcowych, górnictwa i przetwórstwa kopalin, hydrogeologii, ochrony przyrody i krajobrazu oraz zabytków kultury, geologii inżynierskiej, a także geochemii środowiska, głównie w aspekcie transgranicznych zagrożeń antropogenicznych.

Ze względu na specyfikę regulacji prawnych w obu krajach, możliwe trudności z pozyskaniem niektórych danych szczegółowych, a także nieco innym, bardziej przeglądowym charakterem proponowanej mapy, zakres informacji zbieranych do bazy danych należałoby nieco zmodyfikować, zapewniając ich jednorodność, podobny stopień szczegółowości i wzajemną korelację. Pozwoli to zminimalizować trudności w porównaniu i interpretacji danych oraz uzyskanych wyników badań.

Przykładowo, w warstwie informacyjnej dotyczącej złóż kopalin należałoby zrezygnować ze szczegółowego podawania zasobów geologicznych poszczególnych złóż na rzecz ich sklasyfikowania w kilku wyodrębnionych klasach wielkości. Przy pozyskiwaniu danych zasobowych należy zwrócić szczególną uwagę na sposób ich obliczenia i klasyfikacji, ze względu na występujące różnice w tym zakresie.

Zbędne i prawdopodobnie trudne do pozyskania wydają się też szczegółowe informacje dotyczące regulacji prawnych związanych z prowadzeniem legalnej eksploatacji (koncesje, obszary i tereny górnicze, planowany okres wydobywania). Pożądane natomiast byłoby uzyskanie danych dotyczących projektowanego, przybliżonego czasu eksploatacji i kierunku rewitalizacji terenów poeksploatacyjnych.

W zakresie ochrony przyrody i dziedzictwa kulturowego konieczne będzie opracowanie wspólnej, kompleksowej ich klasyfikacji, gdyż zapisy formalne dotyczące tej ochrony w Polsce i na Ukrainie różnią się. Podobnych modyfikacji należałoby zapewne dokonać również w odniesieniu do pozostałych warstw tematycznych.

Prezentowany zakres informacji geośrodowiskowej pozwala na syntetyczną ocenę potencjału środowiska naturalnego, reprezentowanego poprzez różne jego komponenty, oraz prezentację walorów kulturowych terenu, zestawiając je z zagrożeniami środowiska i potencjalnymi źródłami skażeń. Informacje zgromadzone w bazie danych umożliwią ich dalsze przetwarzanie, w szczególności tworzenie map.

Do przygotowania proponowanej mapy wystarczające jest opracowanie przestrzennej bazy danych za pomocą ogólnodostępnego oprogramowania. Do ustalenia pozostaje wybór dogodnego dla obu partnerów podkładu topograficznego map.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Obszar badań wyznaczono pomiędzy współrzędnymi 49°50'00", 22°30'00" (lewy dolny narożnik) a 50°36'01", 22°74'16" (prawy górny narożnik). Zawiera się w przybliżeniu między miejscowościami Rokietnica (SW) = Tarnogród (NW) – Rawa Ruska (NE) i Iwano-Frankowe (SE). Pod względem administracyjnym omawiany teren należy po stronie polskiej głównie do województw podkarpackiego i częściowo lubelskiego. Po stronie ukraińskiej w całości należy do obwodu lwowskiego.

Pod względem fizycznogeograficznym badany obszar należy w większości do prowincji podkarpackiej, obejmując mezoregiony: Pogórze Rzeszowskie (najbardziej północny jego fragment), Dolina Dolnego Sanu, Płaskowyż Tarnogrodzki i północne fragmenty Równiny Biłgorajskiej (Kondracki, 2002). Północno-wschodnia część obszaru należy do Roztocza, będącego częścią prowincji Wyżyny Lubelsko-Lwowskiej. Roztocze pod względem morfologicznym jest wąskim, wyniesionym wałem, rozciągającym się między Kraśnikiem a Lwowem. Jest on zbudowany z utworów kredowych z resztkową pokrywą osadów mioceńskich, które pełnią tu rolę morfotwórczą.

Wody powierzchniowe omawianego obszaru należą do zlewiska Morza Bałtyckiego. Głównymi elementami sieci hydrograficznej są San oraz jego dopływy: Szkło, Wisznia, Lubaczówka i Smolinka. Niewielki wschodni fragment terenu należy do zlewiska Morza Czarnego.

Omawiany obszar znajduje się częściowo w obrębie dwóch regionów hydrogeologicznych Polski: górnej Wisły (subregion zapadliska przedkarpackiego) i Bugu (subregion wyżynny) (Paczyński, Sadurski, red., 2007). Warunki hydrogeologiczne są ściśle powiązane z budową geologiczną obszaru. W obrębie zapadliska przedkarpackiego główny poziom wód użytkowych występuje w utworach czwartorzędowych. Jest związany z piaszczystymi lub piaszczysto-żwirowymi osadami dolin rzecznych oraz z plejstoceńskimi osadami wodnolodowcowymi. Miąższość warstwy wodonośnej wynosi od 5 do 20 m. Zwierciadło wody ma zazwyczaj charakter swobodny, jedynie w rejonach, gdzie warstwa ta występuje pod nakładem słabo przepuszczalnych lessów lub glin zwałowych – napięty. Jego zasilanie następuje poprzez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych i wód powierzchniowych (zwłaszcza w dolinach rzecznych). Ze względu na brak odpowiedniej izolacji od powierzchni, wody te są narażone na migrację zanieczyszczeń związanych z rolnictwem lub działalnością przemysłowo-usługową. Zaliczono je do II klasy czystości, o naturalnym chemizmie, zmienione czynnikami antropogenicznymi, ale łatwe do uzdatniania. Na omawianym terenie znajdują się dwa główne zbiorniki wód podziemnych o charakterze porowym, związane z osadami czwartorzędowymi: GZWP 429 – Dolina Przemyśl w części południowej i GZWP 428 – Dolina kopalna Biłgoraj–Lubaczów. Niewielki zachodni fragment obszaru badań znajduje się w zasięgu rozległego zbiornika czwartorzędowego GZWP 425 – Dębica–Stalowa Wola–Rzeszów.

Wody piętra neogeńskiego mają na całym terenie znaczenie podrzędne. Są one związane z mioceńskimi (sarmat) żwirami lub piaskami, które tworzą nieregularne wkładki lub soczewki wśród ilów, iłolupków, mułowców i mułków, także z piaskami baranowskimi, występują też w serii wapienno-anhydrytowej.

W północnej i wschodniej części obszaru znaczenie użytkowe ma kredowe piętro wodonośne, wykształcone w postaci gez, opok marglistych i margli. Głębokość jego występowania jest zróżnicowana, od 5–15 m na obszarach przydolnych do ponad 50 m (nawet do 100 m) na obszarach wyniesień. Miejscami pozostaje on w więzi hydraulicznej z wodami piętra neogeńskiego. Kredowy zbiornik wodonośny ma charakter szczelinowy. Jego zasięg jest rozległy, a wody są bardzo dobrej jakości. Dlatego został on uznany za główny zbiornik wód podziemnych (GZWP 407 – Niecka Lubelska).

Dużym bogactwem omawianego obszaru są wysokozmeneralizowane wody lecznicze, wykorzystywane w uzdrowiskach Horyniec-Zdrój i Szkło oraz lokalnie przez okoliczną ludność. Są to głównie wody siarczkowe, wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe. Uzdrowisko Szkło znane jest ponadto z unikatowego źródła wód chlorkowych „Naftusia”.

Pod względem gospodarczym obszar badań ma charakter rolniczo-przemysłowy. Największymi ośrodkami miejskimi po stronie polskiej są Lubaczów, Oleszyce, Cieszanów, Tarnogród i Radymno, a na Ukrainie – Rawa Ruska i Iwano-Frankowe oraz mniejsze: Jaworów, Magierów, Niemirów, Krakowiec i Szkło.

Omawiany obszar, a zwłaszcza jego północno-wschodnia część należąca do Roztocza, cechuje się dużymi walorami przyrodniczymi i krajobrazowymi. Bogactwem przyrody ożywionej są głównie rozległe kompleksy leśne typu lasów mieszanych z fragmentami czystej buczyny karpackiej oraz bory sosnowe. Występuje w nich wiele rzadkich gatunków fauny (ryś, wilk, łasica, gronostaj, wydra) i flory (rosiczka, powojnik, kilka gatunków widłaków oraz liczne rośliny ciepłolubne).

Najcenniejsze fragmenty terenu zarówno po stronie polskiej, jak i ukraińskiej zostały objęte prawną ochroną. Znajduje się tu część Południoworoztoczańskiego Parku Krajobrazowego, który kontynuuje się na Ukrainie jako projektowany Park Krajobrazowy Roztocza, a dalej jako Jaworowski Park Narodowy. W Polsce w niedalekiej odległości (już poza obszarem badań) znajduje się Roztoczański Park Krajobrazowy. Parki te lub ich fragmenty zostały włączone do europejskiej sieci ekologicznej Natura 2000. Na omawianym terenie znajduje się również kilka rezerwatów przyrody. Po stronie polskiej są to rezerваты: „Sołokija” – utworzony dla ochrony stanowisk jałowca pospolitego, „Źródła Tanwi” – chroniący rzadkie zespoły torfowiskowe, „Diabelski Kamień” – gdzie ochronie podlegają wychodnie skał wapiennych wraz z porastającą je specyficzną roślinnością, „Monaster” – rezerwat krajobrazowy, oraz kilka innych

rezerwatów leśnych lub torfowiskowych. Po stronie ukraińskiej to: rozległy rezerwat leśny „Pepechówka”, rezerwat ornitologiczny „Czołgiński” i „Niemirów”. Po polskiej stronie znajdują się ponadto niewielkie fragmenty innych obszarów chronionych: Parku Krajobrazowego Puszczy Solskiej (na północy) i Sieniawskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu (na zachodzie). Listę obiektów chronionych dopełniają liczne pomniki przyrody.

Omawiane tereny są również bogate w obiekty dziedzictwa kulturowego i historycznego – zabytkowe zespoły urbanistyczne, pałace, kościoły, cerkwie, zespoły klasztorne

oraz dwory wraz z cennymi parkami. Pozostałością zaciętych walk z okresu I wojny światowej są liczne cmentarze wojenne. Z okresem drugiej wojny światowej, oprócz wielu mogił, cmentarzy i pomników pamięci, wiążą się pozostałości budowli militarnych tzw. linii Mołotowa.

Równocześnie obszary te narażone są na zagrożenia środowiskowe zarówno naturalne, jak i antropogeniczne. Jednym z ważniejszych jest negatywny wpływ dawnej eksploatacji otworowej siarki. Ochrona cennych walorów naturalnych i historyczno-kulturowych powinna być jednym z głównych priorytetów rozwoju tych terenów.

## ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Omawiany obszar leży w strefie nasunięcia górotworu Karpat zewnętrznych na osady mioceńskiego przedpola, w większości w obrębie zapadliska przedkarpackiego. Tylko północno-wschodnie krańce należą do Roztocza, genetycznie związanego z obszarem przedpola Karpat, a niewielki południowo-wschodni fragment należy do Karpat. Cechą charakterystyczną zapadliska przedkarpackiego i Roztocza jest ich budowa blokowa, będąca wynikiem kilku faz górotwórczych oraz neogeńskich deformacji tektonicznych (Oszczypko i in., 2006; Stupnicka, 2007).

W podłożu zapadliska przedkarpackiego oraz Karpat fliuszowych i pod pokrywą platformowych utworów paleozoicznych i mezozoicznych (Oszczypko, Ślęczka, 1998) zalega seria utworów krystalicznych i metamorficznych wieku prekambryjskiego i kambryjskiego, stanowiąca podłoże krystaliczne. Na badanym obszarze jest ono zbudowane ze skał krystalicznych oraz kompleksu słabo zmetamorfizowanych skał pelitowych i psamitowych (Ney, 1969). Powyżej występują utwory węglanowe środkowego i górnego dewonu. W profilu węglanowego kompleksu dewońskiego wyróżniane są dwie części, tzw. seria dolomityczna i seria wapienna (Buła, Habryń, red., 2008). Na obszarze zapadliska lwowskiego, które jest wschodnią kontynuacją rowu lubelskiego, występują osady paleozoiczne ordowiku, syluru, dewonu oraz karbonu. Devon i karbon reprezentują formacje węglanowe lub węglanowo-terygeniczne i terygeniczo-węglowe o łącznej miąższości 2500–3000 m.

Na znacznym obszarze utwory krystaliczne lub paleozoiczne tworzą bezpośrednie podłoże osadów mioceńskich. Osady mezozoiczne wschodniej części zapadliska przedkarpackiego, które stanowiły część basenu osadowego bruzdy środkowopolskiej w późnej kredzie, w paleogenie uległy erozji. Niezerodowane resztki pokrywy mezozoicznej w postaci osadów jury występują w północno-wschodniej części zapadliska, przylegającej do Roztocza. Utwory kredy, wykształcone jako cenomańsko-mastrychskie margle i opoki margliste oraz gezy, występują w północnym obrzeżeniu zapadliska jako podłoże osadów miocenu Roztocza (Gutowski i in., 2005).

Historia basenu przedpola Karpat wskazuje na szereg etapów jego tworzenia i rozwoju tektonicznego (Krzywiec, 1999, 2001; Oszczypko i in., 2006; Buła, Habryń, red.,

2008). Na większości omawianego obszaru bezpośrednio na krystalicznym podłożu, a we wschodniej części na utworach paleozoicznych, osadziły się transgresyjne utwory miocenu o miąższości do 3000 m.

U brzegu nasunięcia karpackiego wyróżnić można strefę tzw. miocenu sfałdowanego, różniącego się profilem od bardziej północnej części osadów zapadliska przedkarpackiego. W strefie brzegowej wydzielono następujące jednostki litostratygraficzne: warstwy worotyskie i polanickie, zlepienie słobódzkie, stebnickie, balickie, skawińskie i ratyckie. Są to głównie płytkomorskie osady klastyczne szelfu.

Dalej ku północy pojawia się strefa niezaburzonego, autochtonicznego miocenu o znacznym zróżnicowaniu facyjnym (Gąsiewicz i in., 2004). Wydzielono tu następujące jednostki litostratygraficzne: warstwy baranowskie, osady ewaporatowe (warstwy wielickie), warstwy grabowieckie oraz ily krakowieckie, kontynuujące się na terytorium Ukrainy jako seria daszawska.

Dolnobadeńskie warstwy baranowskie wykształcone są jako utwory zlepieńcowate lub piaszczysto-mułkowe. Nad nimi leżą piaskowce kwarcowe z glaukonitem oraz zlepienie zbudowane z wapieni litotamniowych. Z osadami piaszczystymi tych warstw związane są wystąpienia gazu i ropy naftowej (Kotarba i in., 2011). Warstwy baranowskie przykrywa szeroko rozprzestrzeniony, choć z licznymi lukami, kompleks osadów ewaporatowych reprezentowanych przez gipsy i anhydryty (Peryt, 2006); nad nimi występują wapienie ratyńskie (Peryt, Peryt, 1994). W obrębie litofacji siarczanowych występują przejawy procesów metasomatozy, które doprowadziły do powstania grubych (od kilku do kilkudziesięciu metrów) pokładów osiarkowanych wapieni. Z serią anhydrytów związane są również wystąpienia gazu ziemnego.

Serię ewaporatową przykrywają ilasto-piaszczyste warstwy grabowieckie, a powyżej występuje monotony kompleks dolnego sarmatu nazwany ıłami krakowieckimi. Seria ta zbudowana jest z ıłów wapnistych, mułowców, mułków piaszczystych, piaskowców, piasków i drobnych żwirków. Kompleksy piaszczyste stanowią skałę zbiornikową dla znajdujących się w tym rejonie złóż gazu ziemnego.

W południowo-zachodniej, niewielkiej części obszaru bezpośrednio podłożu utworów czwartorzędowych stano-

wią sfałdowane osady Karpat zewnętrznych, nasunięte wraz z jednostką stebnicką na utwory miocenu autochtonicznego (Rauch, 2009). Utwory fliszowe tu występujące należą głównie do jednostki skolskiej, a w mniejszym stopniu do jednostki stebnickiej, i obejmują przedział wiekowy górna kreda–miocen. Tworzą one szereg struktur fałdowych o biegu NW–SE. Zarówno element jednostki skolskiej, jak i jednostki stebnickiej (Karpaty zewnętrzne) nasunięte są na utwory basenu przedkarpackiego wypełnionego utworami badenu i sarmatu.

Północna część terenu badań znajduje się w granicach Roztocza, gdzie na utworach kredowych leżą osady głównie mioceni, a sporadycznie eoceńsko-oligoceni (piaski glaukonitowe) (Wysocka, 2006). Główne facje mioceni

brzeżnej części zapadliska na obszarze Roztocza to wapienie litotamniowe i ostrygowe. Wydzielono tu następujące jednostki litostratygraficzne: warstwy baranowskie, mikołajowskie, narajewskie, krzywczyńskie, kajzerwaldzkie oraz tarnopolskie.

W obrębie pokryw czwartorzędowych tego obszaru wyróżnić można: gliny lodowcowe zlodowaceń południowopolskich, osady rzeczne z okresu zlodowaceń środkowopolskich oraz ily zastoiskowe, rezidua glin lodowcowych i innych osadów lodowcowych, piaski i żwiry fluwioglacjalne, osady rzeczne, lessy piaszczyste i gliny o różnej genezie, lessy, osady rzeczne zlodowaceń północnopolskich, koluwia, osady deluwialne, piaski, żwiry, mulki i mady rzeczne holocenu.

## ZŁOŻA KOPALIN I GÓRNICTWÓ

Obszary przygraniczne Polski i Ukrainy są atrakcyjne pod względem geologiczno-surowcowym. Udokumentowano tu kilkadziesiąt złóż różnych kopalin. Informacje dotyczące złóż kopalin dla części obszaru leżącego na terytorium Polski opracowano na podstawie: Bilansu zasobów kopalin... (2006–2008) oraz map geośrodowiskowych w skali 1:50 000, arkusze: Horyniec, Cieszanów, Dzików (Jochemczyk i in., 2007a, b, c), Lubaczów i Sieniawka (Jochemczyk i in., 2007d), Laszki (Uchnast i in., 2007), Krakowiec, Radymno (Wierzbowski i in., 2007a, b). Przy opracowywaniu danych z terenu Ukrainy wykorzystano mapę geologiczno-surowcową w skali 1:200 000, arkusze: Rawa Ruska (wraz z objaśnieniami) (Gerasimow i in., 2004b) oraz Drohobycz (bez objaśnień) (Gerasimow i in., 2004a). Ze względu na spójność danych informacje o złożach kopalin i stanie ich zagospodarowania oparto przede wszystkim na danych z lat 2006–2007, uzyskanych w toku realizacji badań. W następnych latach, zarówno po stronie polskiej, jak i ukraińskiej, udokumentowano pojedyncze nowe złoża kopalin pospolitych, głównie kruszywa piaskowo-żwirowego, których nie uwzględniono w niniejszym opracowaniu. Nie wpłynęło to w istotny sposób na obraz potencjału surowcowego tego obszaru.

Na omawianym obszarze występują złoża węglowodorów (gaz ziemny, ropa naftowa) i siarki rodzimej, a także pospolitych kopalin skalnych, wśród których dominują złoża kopalin ilastych ceramiki budowlanej oraz piasków lub piasków i żwirów. Ponadto udokumentowano tu kilka złóż wapieni, a na Ukrainie również jedno złożo piaskowca. Na [figurze 1](#) przedstawiono rozmieszczenie złóż kopalin w centralnej części omawianego terenu.

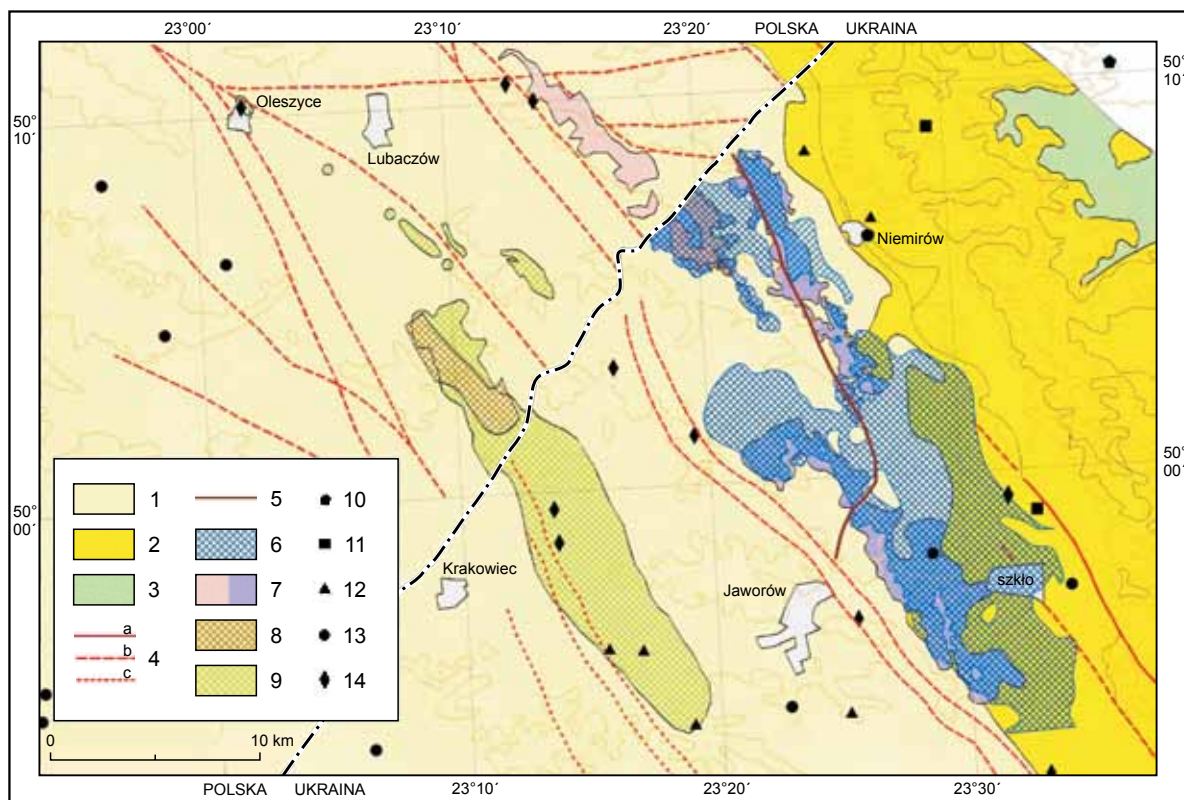
### ZŁOŻA WĘGLOWODORÓW

Złoża węglowodorów w obrębie zapadliska przedkarpackiego występują zarówno w utworach neogenu, jak i w jego podłożu w skałach mezozoicznych. W skałach podłoża neogenu udokumentowano złoża: Uszkowce, Cetynia i Lubaczów, które kontynuują się na terytorium Ukrainy jako złożo Świdnicko-Kochanowskie (Kotarba i in., 2011).

Złoża Lubaczów i Świdnicko-Kochanowskie należą do największych złóż gazu ziemnego na terenie całego zapadliska przedkarpackiego. Skałami zbiornikowymi są wapienie górnourajskie, wraz z wyżejległymi dolnobadeńskimi piaskami baranowskimi i częściowo anhydrytami. Uszczelnienie serii złożowej o charakterze ekranu stratygraficznego tworzą ily mioceni. Złożo w swej dolnej części ma charakter masywowy i występuje na głębokości około 1000 m. Akumulacje węglowodorów tworzą się w szczelinach wapieni jurajskich oraz przy ich kontakcie z porowatymi piaskami baranowskimi lub serią anhydrytową. Średnia miąższość złoża w wapieniach jurajskich wynosi około 22 m, większość w anhydrytach i około 5 m w piaskach baranowskich. Akumulacje gazu ziemnego stwierdzono w nich również w wyżej leżących utworach neogennych (sarmat), w interwale głębokości 600–900 m. Występują one w piaszczystych wkładkach lub przeławiceniach wśród osadów ilastych. Złożo ma tu charakter wielohoryzontowy (udokumentowano 5 horyzontów gazonośnych).

W złożach: Buszkowiczki, Przemyśl, Gubernia, Dzików, Mołodycz i Chotyniec skałami zbiornikowymi dla węglowodorów są piaskowce i mułowce badenu i dolnego sarmatu, przewarstwione seriami łupkowo-ilastymi. Rzadziej kolektorami są anhydryty, piaskowce i mułowce dolnego badenu (złożo Rokietnica).

Złoża zlokalizowane w utworach miocennych są zazwyczaj wielohoryzontowe i występują w strukturach antyklinalnych. Na przykład w złożu Przemyśl, którego fragment znajduje się na omawianym terenie, udokumentowano 12 horyzontów gazonośnych, a w złożu Dzików – aż 15 horyzontów. Złoża leżą na głębokości od kilkuset do ponad 2 tys. m. We wszystkich złożach występuje bardzo dobrej jakości gaz ziemny, wysokometanowy, o niskiej zawartości azotu i niezawierający szkodliwych domieszek, w tym dwutlenku węgla i siarkowodoru. Zestawienie udokumentowanych złóż węglowodorów przedstawiono w [tabeli 1](#). Podano orientacyjne zasoby wydobywanych kopalin według wydzielonych klas: poniżej 100 mln m<sup>3</sup>, 100–500, 500–1000, 1000–5000, 5000–10 000 i ponad 10 000 mln m<sup>3</sup>.



**Fig. 1. Złóża kopalin na obszarze przygranicznym Polski i Ukrainy na tle schematycznej budowy geologicznej (bez czwartorzędu) (Cieśliński i in., 1994; Gerasimow i in., 2004a, b)**

1, 2 – miocen (1 – sarmat, ropy i mułowce z wkładkami piaszczystymi, 2 – baden, piaskowce kwarcowe z glaukonitem, wapienie organodetrytyczne, piaski), 3 – kreda górna (margle, opoki, gezy), 4 – uskoki (a – stwierdzone, b – przypuszczalne, c – dane sejsmiczne), 5 – fleksura, 6 – zasięg gipsów i anhydrytów (Ukraina), 7 – złoża siarki rodzimej, 8 – złoża ropy naftowej, 9 – złoża gazu ziemnego; złoża nie dające się odwzorować w skali mapy: 10 – węgiel brunatny, 11 – wapień, margle, 12 – torfy, 13 – piaski i żwiry, 14 – kopalinny ilaste

Mineral deposits against the background of geology of the Polish-Ukrainian trans-border area (without Quaternary sediments) (after Cieśliński *et al.*, 1994; Gerasimow *et al.*, 2004a, b)

1, 2 – Miocene (1 – Sarmatian, clays and mudstones with sandy interbeds, 2 – Badenian, quartzite sandstones with glauconite, organodetritic limestones, sands), 3 – Upper Cretaceous (marls, siliceous limestones, gyzes), 4 – faults (a – detected, b – supposed, c – interpreted from seismic data), 5 – flexure, 6 – extent of gypsum and anhydrite rocks (Ukraine), 7 – native sulphur deposits, 8 – crude oil deposits, 9 – natural gas deposits; small mineral deposits (not to map scale): 10 – lignite, 11 – limestone, marls, 12 – peat, 13 – natural aggregate (sand and gravel), 14 – common and ceramic clays

Bilansowe zasoby ropy naftowej udokumentowano w złożach Cetynia i Świdnicko-Kochanowskim, gdzie współwystępuje ona z gazem ziemnym. W złożu Cetynia akumulacje ropy naftowej występują w północno-wschodnim skłonie antyklinalnej struktury utworzonej w zachodniej części tzw. bloku Cetyni, na głębokości około 1100 m, w złożu Świdnicko-Kochanowskim – w tzw. antyklinie kochanowskiej. Skałą zbiornikową są piaskowce warstw baranowskich i piaskowce kambru. Ropa naftowa należy do ropy ciężkiej, asfaltowej (zawartość asfaltu czarnego do 45%) i zasiarczowanej (zawartość siarki 8,8% w złożu Cetynia i do 7% w złożu Świdnicko-Kochanowskim).

Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej eksploatowane są metodami otworowymi. Gaz ziemny ze względu na wysoką czystość nie podlega oczyszczeniu. Z odwiertów, w których jest ujmowany, gaz przekazywany jest bezpośrednio do punktów zbiorczych i stąd przepompowywany do sieci.

## ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO

Wśród utworów neogenu, głównie we wschodniej części terenu, na terytorium Ukrainy stwierdzono występowanie soczewek lub cienkich pokładów węgla brunatnego. Miąższość całej serii złożowej waha się od 7 do 30 m. W jej obrębie występuje od 1 do 3 pokładów węgla brunatnego o miąższości 0,5–1,5 m, częściej 0,5–0,9 m. Wskaźnik węglonośności wynosi zaledwie 12%. Węgiel brunatny leży na głębokości do 60 m, niekiedy również w strefie przypowierzchniowej. Mała miąższość i nieciągłość pokładów sprawia, że ich znaczenie praktyczne jest niewielkie i w większości można zakwalifikować je do przejawów węglonośności. Trzy spośród kilkunastu takich wystąpień po stronie ukraińskiej udokumentowano jako złoża: Petelickie, Dibrawskie (Dubrawskie) i Monasterok. Nie są one eksploatowane.

Tabela 1

**Złoże ropy naftowej i gazu ziemnego w pasie przygranicznym Polski i Ukrainy (Bilans..., 2006–2008)**

Crude oil and natural gas deposits in the border zone of Poland and Ukraine (after Bilans..., 2006–2008)

Nazwa złoża	Rodzaj kopaliny	Orientacyjne zasoby wydobywalne [mln m <sup>3</sup> ]	Zagospodarowanie złoża	Wiek skał zbiornikowych
Buszkowiczki	g	100–500	E	Ng
Cetynia	g + r	<100	E	Ng
Chotyń	g	<100	R	Ng
Dzików	g	<100	E	Ng
Gubernia	g	<100	E	Ng
Lubaczów	g	100–500	R	Ng + J <sub>3</sub>
Lubaczów	r	500–1000	E	Ng
Mołodycz	g	100	R	Ng
Przemyśl	g	10 000	E	Ng
Rogoźne	g	bd.	R	Ng
Rokietnica	g	100	R	Ng
Świdnicko-Kochanowskie	g+r	bd.	E	Ng + J <sub>3</sub>
Uszkowce	g	<100	E	Ng

g – gaz ziemny, r – ropa naftowa, E – złożo eksploatowane, R – złożo rezerwowe, bd. – brak danych, Ng – neogen, J<sub>3</sub> – jura górna  
 g – natural gas, r – crude oil, E – deposit under exploitation, R – reserve deposit, bd. – no data, Ng – Neogene, J<sub>3</sub> – Upper Jurassic

**TORF**

Torfy występują dość powszechnie w dolinach mniejszych rzek i w lokalnych zagłębieniach terenu, zwłaszcza na obszarze zapadliska, nad słabo przepuszczalnymi iltami. Ich miąższość jest zazwyczaj niewielka, około 1,5 m, niekiedy dochodzi do kilku metrów. Występują przy powierzchni na głębokości około 1,0–1,5 m, czasem 3–4 m. Wystąpienia torfu, liczne na terytorium Ukrainy, zwłaszcza w dolinie rzeki Szkło, były w przeszłości eksploatowane na lokalną skalę, nie pozostawiając jednak większych śladów i negatywnych oddziaływań na środowisko. Na terytorium Polski wystąpienia torfów na omawianym obszarze są mniej rozpowszechnione. Jedynym udokumentowanym złożem jest złożo torfu leczniczego Podemszczyzna o powierzchni ponad 30 ha i średniej miąższości 2,7 m, zlokalizowane w dolinie Świdnicy. Kopalnią są tu torfy typu niskiego. Charakteryzują się one stopniem rozkładu H<sub>6</sub>, zmienną popielnością (6,20–48,22%), średnią wilgotnością 84,93% i odczynem pH od 6,57 do 6,98. Torfy te wykorzystywane są do pelotterapii w pobliskim uzdrowisku Horyniec-Zdrój.

**ZŁOŻA SIARKI RODZIMEJ**

W utworach mioceńskich zapadliska przedkarpackiego, na przedpolu łuku karpackiego występuje badeńska formacja siarczanowa, z którą związane są złoża siarki rodzimej.

Na omawianym obszarze znajdują się trzy złoża: Basznia, którego przedłużeniem na Ukrainie jest złożo Niemirów, oraz położone na SE od niego złożo Jazowskie. Serię złożową stanowią osady chemiczne wykształcone jako wapienie oraz gipsy i anhydryty. W podłożu serii mioceńskiej leżą margle kredowe, przykryte przez piaszczyste wapienie litotaminowe, lokalnie piaski baranowskie, a na nich anhydryt, częściowo przeobrażony w drobnziarnisty gips i wapień siarkonośny – wapienie poselenitowe (Gaśiewicz, 2000). Lokalnie osiarkowanie sięga również niżej leżących piasków baranowskich (baden dolny). Nadkład złóż stanowią górnortortońskie ilt margliste i mułowce z przeławieniami tufów i tufitów oraz sarmackie ilt krakowieckie (daszawskie). Złoża siarki rodzimej leżące na terytorium Ukrainy występują w utworach górnobadeńskiej serii tyraskiej. Występują one na głębokości 300–350 m. Część węglanową profilu reprezentują wapienie, wapienie margliste, podrzędnie ilt margliste i margle.

Miąższość bilansowej serii złożowej w złożu Basznia wynosi średnio 15,4 m (od 5,2 do 32,6 m). Osiarkowanie wapieni jest nierównomierne i waha się od 21,3 do 42,5%. Wapienie siarkonośne są zbite, nieporowate i zawierają impregnacje siarki w postaci drobnziarnistej lub rozproszonej. Niekiedy wśród wapieni zbitych siarka rodzima tworzy gniazda, plamy i tzw. grona. Krystaliczne skupienia siarki rodzimej spotyka się wśród wapieni kawernistych. Występują one zazwyczaj w spągu złoża. Obszar złoża Basznia

wynosi 946 ha. Na powierzchni pokrywają go użytki rolne i lasy.

Podobne parametry charakteryzują siarkonośną serię złożową na terytorium Ukrainy. Jej miąższość wynosi tu od 0,1 do 27,8 m, wskaźnik osiarkowania 10–43%. Największa ilość kopaliny występuje w siarkowanych wapieniach (ok. 76%), następnie w skałach marglisto-ilastych (7,3%), w gipsach i anhydrytach (7%), w piaskowcach (ok. 5–6%) oraz wśród wapieni litotamniowych (3%).

Złoże siarki Basznia było eksploatowane od 1976 do 1993 r. systemem otworowym, metodą podziemnego wytopienia, jednak skala eksploatacji była niewielka, tak odnośnie poziomu wydobycia, jak i zajętej przestrzeni – około 15 ha. Od połowy lat 90. XX w. nastąpił drastyczny spadek zainteresowania siarką rodzimą w związku z postępem w pozyskiwaniu siarki z innych źródeł i eksploatacja została wstrzymana. Po zakończeniu wydobycia pozostało 100 otworów technologiczno-eksploatacyjnych i obserwacyjnych. Przez kilka lat urządzenia kopalni utrzymywano w gotowości. Rekultywację terenu rozpoczęto w 2001 r., ale w 2003 r. została ona przerwana ze względu na brak środków finansowych. W ramach prowadzonych prac udało się wykonać rekultywację techniczną, tj. demontaż urządzeń eksploatacyjnych i likwidację otworów. Ze względu na konieczność monitoringu środowiska pozostawiono jedynie piezometry. Nie udało się zdemontować całej infrastruktury przemysłowej ani też przeprowadzić rewitalizacji obszaru poeksploatacyjnego. Obecnie teren jest w większości zabezpieczony, choć nadal stanowi potencjalne zagrożenia dla środowiska (Gąsiewicz, 2007).

Złoże Niemirów eksploatowano również metodą podziemnego wytopu. Działalność wydobywczą zakończono w latach 80. XX w. Pozostało około 3000 otworów technologicznych (eksploatacyjnych i obserwacyjnych). W ramach rekultywacji wykonano jedynie demontaż instalacji eksploatacyjnych. Z braku środków finansowych nie dokonano pełnej likwidacji otworów eksploatacyjnych, pozostawiając ich niezabezpieczone głowice. Rozległy obszar poeksploatacyjny jest zdegradowany i niewykorzystany. Występuje tu nadal duże potencjalne zagrożenie skażenia środowiska gruntowo-wodnego.

Złoże siarki rodzimej Jazowskie w rejonie Jaworowa eksploatowano metodą odkrywkową w latach 1964–1994. Wydobycie prowadzone było na dużą skalę przez Państwowe Górniczo-Chemiczne Przedsiębiorstwo Siarka. Zaniechanie eksploatacji (podobnie jak ze złoża Basznia) wiązało się z ogólnosiątkowymi zmianami na rynku siarki i masowym wprowadzeniem metod odzysku siarki z procesów technologicznych odsiarczania spalin. Po eksploatacji odkrywkowej pozostało rozległe wyrobisko o powierzchni około 1080 ha i głębokości 100 m oraz otaczające je zdewastowane tereny. Lej depresji związany z eksploatacją sięgnął 100 km<sup>2</sup>, co skutkowało obniżeniem poziomu wód gruntowych i brakiem wody pitnej w dwudziestu okolicznych miejscowościach. Ponadto zanotowano zanieczyszczenie wód powierzchniowych. W 2002 r. rozpoczęto rekultywację terenu. Jednym z jej etapów było utworzenie rozległego zbiornika wodnego

zwanego Jeziorem Jaworowskim, który napełniono w latach 2005–2006. Na zakończenie rekultywacji zabrakło funduszy. Na obrzeżach jeziora planowano utworzenie pięciu stref ochronno-rekreacyjnych oraz centrum monitoringu ekologicznego.

Zabezpieczenie i rekultywacja terenów poeksploatacyjnych po wydobyciu siarki rodzimej jest trudnym, długotrwałym i kosztownym procesem. Jej przeprowadzenie jest niezbędne przede wszystkim dla uniknięcia klęski ekologicznej, związanej ze skażeniem środowiska gruntowo-wodnego związkami siarki oraz osiadaniem terenu. W dalszej perspektywie oznacza ono rewitalizację dużych, obecnie zdegradowanych terenów, które sąsiadują z cennym przyrodniczo obszarem Roztocza i innymi obszarami chronionymi o dużych walorach przyrodniczych i kulturowych.

### ZŁOŻA KOPALIN ILASTYCH

Omawiany teren jest bogaty w złoża kopalin ilastych. Jest to związane z budową geologiczną zapadliska przedkarpaccyjskiego, zwłaszcza szerokim rozprzestrzenieniem morskich iłów mioceńskich: w Polsce tzw. iłów krakowieckich, a na Ukrainie ich odpowiedników – iłów serii daszawskiej. Iły osiągają duże miąższości i charakteryzują się stałymi parametrami jakościowymi, korzystnymi do wykorzystania ich jako surowce ceramiki budowlanej, zarówno do produkcji szerokiego asortymentu wyrobów ceramiki czerwonej (cegły, pustaki ceramiczne itp.), jak i do produkcji kruszyw lekkich – keramzytów.

Udokumentowane złoża obejmują zazwyczaj łatwo dostępne i przypowierzchniowe fragmenty rozległych wystąpień iłów mioceńskich. Zasoby poszczególnych złóż często przekraczają 5 mln m<sup>3</sup>. W tabeli 2 podano orientacyjne zasoby kopaliny udokumentowanej w poszczególnych złożach według wyodrębnionych klas: poniżej 0,5 mln m<sup>3</sup>, 0,5–1,0, 1–5 i ponad 5 mln m<sup>3</sup>. Oprócz złóż iłów mioceńskich udokumentowano również kilka złóż glin czwartorzędowych.

Produkcja keramzytów prowadzona jest jedynie na terytorium Ukrainy, gdzie na omawianym obszarze czynne są dwa zakłady keramzytowe: w miejscowości Staricz i w Gliniskach. Eksploatacja kopalin ilastych na potrzeby zakładów keramzytowych prowadzona jest odkrywkowo. Wyrobiska eksploatacyjne są duże, od kilku- do kilkunastu hektarów. Najczęściej urobek zgarnia się warstwami z odsłoniętej powierzchni. Z upływem czasu w wyniku takiej eksploatacji powstaje coraz głębsze wyrobisko, najczęściej stokowo-wgłębne. Do wyjątków należy niewielkie złożo Smolinka, gdzie eksploatacja była prowadzona systemem ścianowym, a wyrobisko ma charakter wgłębny. W Polsce nie prowadzi się produkcji kruszyw keramzytowych, a jedynym udokumentowanym złożem kopalin ilastych do produkcji kruszyw lekkich (agloporytu) jest złożo Radymno.

Wydobycie kopalin ilastych z poszczególnych złóż na potrzeby ceramiki budowlanej jest zazwyczaj niewielkie (ok. kilka tys. m<sup>3</sup> w skali rocznej), ale eksploatacja wielu spośród nich prowadzona jest przez długi okres. Po zakończeniu lub przerwaniu wydobycia glinianki wypełniają się



Tabela 2

## Złóża kopalin ilastych w pasie przygranicznym Polski i Ukrainy (Bilans..., 2006–2008)

Common and ceramic clay mineral deposits in the border zone of Poland and Ukraine (after Bilans..., 2006–2008)

Nazwa złoża	Rodzaj kopaliny / zastosowanie	Orientacyjne zasoby [mln m <sup>3</sup> ]	Zagospodarowanie złoża	Wiek
Basznia	i / cb	>5	Z	Ng
Cieszanów	i / cb, kc	>5	R	Ng
Czarnokunickie	i / cb	1–5	Z	Ng
Drogomyśleńskie	i / cb	1–5	R	Ng
Jaworeckie	g, i / cb	>5	Z	Q, Ng
Kochanowskie	i / cb	>5	E	Ng
Lipińskie	i / cb	1–5	R	Ng
Lis-Okółkieckie	i / sk	>5	E	Ng
Lisnowickie	i / sk	>5	Z	Ng
Niemirowskie	g / cb	1–5	E	Q
Orzechowce	g, i / cb	1–5	E	Ng
Potelickie	g / cb	1–5	Z	Q
Radymno	g / sk	>5	E	Q
Rogoźnickie	i / cb	>5	Z	Ng
Smolinka (kilka złóż)	i, g / cb	<0,5	E	Q, Ng
Starickie	i / sk	>10	E	Ng
Tuczapskie	i / sk	>5	Z	Ng
Worcza Góra	g / cb	>5	Z	Q
Żuków Dolny	i / cb, kc	1–5	E	Ng

i – iły, g – gliny, cb – ceramika budowlana, sk – surowiec keramzytowy, kc – klinkier cementowy, E – złożo eksploatowane, R – złożo rezerwowe, Z – złożo zaniechane, Ng – neogen (miocen), Q – czwartorzęd

i – clays, g – tills, cb – tiles, sk – Keramzite material, kc – cement clinker, E – deposit under exploitation, R – reserve deposit, Z – abandoned deposit, Ng – Neogene (Miocene), Q – Quaternary

wodami opadowymi, a z czasem zarastają. Płytkie, suche wyrobiska stokowe łatwo ulegają samorekultywacji. Większość cegielni na omawianym obszarze jest przestarzała, dlatego też działalność ta ma tendencję spadkową.

Problemem terenów poeksploatacyjnych jest permanentne zaśmiecanie nieczynnych wyrobisk. Wyrobiska po eksploatacji kopalin ilastych posiadają co prawda korzystne właściwości izolacyjne i mogą służyć jako miejsca składowania odpadów, ale warunkiem tego jest odpowiednie zorganizowanie w tych miejscach składowisk.

#### ZŁOŻA PIASKÓW I ŻWIRÓW

Na omawianym obszarze występuje kilka typów złóż kopalin okrucowych. Są to zarówno złoża rzecznych kruszyw piaskowo-żwirowych, jak i piasków wodnolodowcowych lub eolicznych, w tym czystych piasków kwarcowych. Ko-

palina jest w większości wykorzystywana w budownictwie i drogownictwie, piaski kwarcowe zaś do produkcji silikatów. Część kopaliny spełnia wymagania stawiane piaskom szklarskim lub formierskim (tab. 3).

Złoża kruszyw piaskowo-żwirowych związane są głównie z osadami aluwialnymi dolin rzecznych Sanu i jego dopływów. Kopalina występuje w jednym lub kilku pokładach, przelawionych osadami ilastymi. Budowa geologiczna złóż często wykazuje dwudzielność. Górną warstwę tworzą piaski, zaś dolną kruszywo piaskowo-żwirowe. Kopalina występuje pod nadkładem o zmiennej grubości, od kilkudziesięciu centymetrów do 2–3 m, rzadziej większym. Miąższość złóż jest zróżnicowana, od kilku do kilkunastu metrów. Największymi miąższościami (przekraczającymi 10 m) charakteryzują się złoża: Surochów, Radymno i Wyszatyce.

Na omawianym obszarze udokumentowano również kilka dużych złóż piasków kwarcowych: Dziewięcierz, Niwki,

Tabela 3

**Złóża piasków i kruszyw piaskowo-żwirowych w pasie przygranicznym Polski i Ukrainy (Bilans..., 2006–2008)**

Natural aggregates mineral deposits in the border zone of Poland and Ukraine (after Bilans..., 2006–2008)

Nazwa złoża	Rodzaj kopaliny / zastosowanie	Orientacyjne zasoby [mln t]	Zagospodarowanie złoża	Wiek
Bolestraszyce (kilka złóż)	pż	>10	R	Q
Brzeg (kilka złóż)	pż	<1	Z	Q
Cetula (kilka złóż)	p	<1	E/Z	Q
Cuniewskie	p	1–10	Z	Q
Czerczik	p	1–10	Z	Q
Dziewięcierz	pk	1–10	R	Ng
Grabowiec (kilka złóż)	pż	<1	Z	Q
Koziejówka	pk	>10	R	Ng
Malnowskie	p	1–10	Z	Q
Niemirowskie	p	1–10	Z	Q
Niwki	pk	>10	R	Ng
Nowa Grobla (kilka złóż)	pk	1–10	E	Ng
Pod Tereszką	p	<1	E/Z	Q
Radawa	p	>100	R	Q
Radymno (kilka złóż)	pż	>10	E	Q
Surochów (kilka złóż)	pż	1–10	R/Z	Q
Torki (kilka złóż)	pż	1–10	Z	Q
Wysock i Wysocko (kilka złóż)	pż	1–10	E	Q
Wyszatyce	pż	1–10	R	Q

pż – piaski i żwiry, p – piaski budowlane, pk – piaski kwarcowe, E – złożo eksploatowane, R – złożo rezerwowe, Z – złożo zaniechane, Ng – neogen, Q – czwartorzęd

pż – sand and gravel, p – sand, pk – quartz sand, E – deposit under exploitation, R – reserve deposit, Z – abandoned deposit, Ng – Neogene (Miocene), Q – Quaternary

Koziejówka i Nowa Grobla. Są to piaski wieku neogeńskiego. W ich nadkładzie występują wapienie litotamniowe, które wraz z iłami brunatnymi i piaskami czwartorzędowymi tworzą nieciągłą pokrywę o grubości od kilkunastu centymetrów do prawie 10 m. Miąższość pokładu piasków kwarcowych wynosi kilkanaście metrów. Czystość piasków ze złoża Koziejówka pozwala na ich zakwalifikowanie jako surowców szklarskich, zaś ze złoża Niwki – jako surowców formierskich. Złoża piasków czwartorzędowych są zazwyczaj mniejsze i cechują się gorszymi parametrami jakościowymi. Są one dokumentowane i użytkowane jako pospolite piaski budowlane.

Zasoby złóż piaskowo-żwirowych w pasie przygranicznym Polski i Ukrainy podano w wydzielonych przedziałach: poniżej 1 mln t, 1–10, 10–50, 50–100 i ponad 100 mln t.

Eksploatacja złóż piaskowo-żwirowych w dolinach rzecznych jest prowadzona zazwyczaj spod wody. Jej skala

jest zróżnicowana, od kilku do kilkudziesięciu tysięcy ton w skali rocznej. Na masową skalę wydobywanie prowadzone jest od wielu lat ze złóż Radymno i Torki. W wyniku działalności wydobywczej powstają rozległe niekiedy wyrobiska basenowe.

Wyrobiska związane z wydobywaniem piasków mają charakter stokowy lub stokowo-wgłębny i są zazwyczaj suche. Gdy nie ulegają zaśmieceniu, są wykorzystywane jako boiska sportowe lub inne obiekty rekreacyjne albo zabudowywane. Często jednak są wykorzystywane przez miejscową ludność jako śmietniska.

**WAPIENIE I MARGLE**

W północnej części omawianego terenu, na Roztoczu, znajduje się kilka udokumentowanych złóż skał zwięzłych: wapieni, margli i opok (tab. 4).

Tabela 4

**Złoża kopalin związanych w pasie przygranicznym Polski i Ukrainy (Bilans..., 2006–2008)**

Compact rocks mineral deposits in the border zone of Poland and Ukraine (after Bilans..., 2006–2008)

Nazwa złoża	Rodzaj kopaliny / zastosowanie	Orientacyjne zasoby [mln t]	Zagospodarowanie złoża	Wiek
Brusno	wapień / ww, kb	1–10	Z	Ng
Brusno-Węgierka	wapień / ww, kb	1–10	E	Ng
Nowiny Horynieckie	wapień / ww	>10	R	Ng
Plazów	wapień / wc	>100	R	K, Ng
Potylicz	opoki, spongiolity gezy, wapień / ww, kb	1–10	Z	K
Sopitskie	wapień / kb	1–10	R	Ng
Szarkińskie	wapień / kb	> 10	R	K
Woroblażyńskie (Niemirowski)	wapień / kb	<1	E	Ng
Zielona Guta	wapień, margle, piaskowce / kb	> 10	E	K, Pg, Ng

ww – wapień dla przemysłu wapienniczego, wc – wapień dla przemysłu cementowego, kb – kamienie budowlane, E – złożo eksploatowane, R – złożo rezerwowe, Z – złożo zaniechane, K – kreda, Pg – paleogen, Ng – neogen (miocen)  
 ww – limestone for the lime industry, wc – limestone for the cement industry, kb – building stones, E – deposit under exploitation, R – reserve deposit, Z – abandoned deposit, K – Cretaceous, Pg – Palaeogene, Ng – Neogene (Miocene), Q – Quaternary

Opoki, gezy i spongiolity oraz wapień i margle wieku kredowego eksploatowane były w kamieniołomie w Potyliczu na Ukrainie. Jest to średniej wielkości wyrobisko stokowe, położone w terenie zalesionym, na obrzeżach wsi. Kopalnią w tym złożu są górnokredowe (mastrycht) skały krzemionkowo-węglanowe: opoki, gezy wapienne, spongiolity i wapień, zaliczane do tzw. serii lwowskiej (Bogucki i in., 1998). Gezy i spongiolity charakteryzują się większą wytrzymałością od miękkich, rozsypliwych skał wapienno-marglistych i tworzą widoczne w profilu wyrobiska półki skalne. Złożo w Potyliczu jest bardzo interesujące pod względem geologicznym, gdyż odsłaniają się tu najstarsze ogniwa skalne Roztocza, a w kamieniołomie można obserwować profil osadów górnej kredy.

W położonym kilka kilometrów ku północy, koło Rawy Ruskiej, złożu Zielona Guta kopalnią są również górnokredowe wapień i margle, a także leżące na nich piaskowce glaukonitowo-kwarcowe wieku paleogeńskiego (seria kijowska). W nadkładzie występują piaszczysto-ilaste utwory helwetu (miocen).

Wapień kredowy udokumentowano również w położonym na północ od Rawy Ruskiej złożu Szarkińskim. W złożach Woroblażyńskim i Sopistkim kopalnią są tzw. wapień ratyńskie. Wyrobiska eksploatacyjne tych wapieni mają charakter stokowo-wgłębny.

Neogeńskie wapień litotamniowe są kopalnią w złożach Brusno, Brusno-Węgierka i Nowiny Horynieckie. W złożu Plazów obok wapieni litotamniowych występują również wapień detrytyczne, wapień margliste oraz margle górnokredowe i ily margliste. Kopalina z tego złoża wykazuje duże zróżnicowanie parametrów jakościowych w profilu pionowym. Miąższość złóż wapieni wynosi kilkadziesiąt metrów, a nadkład – do kilku metrów. Eksploatacja była prowadzona w płytkim, ale dość rozległym, stokowo-wgłębny kamieniołomie. Złoża są urabiane ręcznie lub mechanicznie, bez użycia materiałów wybuchowych. Dostarczają elementów foremnych na potrzeby lokalnego budownictwa.

## PODSUMOWANIE

Podjęcie realizacji projektów map lub innych transgranicznych syntetycznych opracowań geośrodowiskowych może stanowić platformę ułatwiającą wymianę informacji i dobrych praktyk w wielu dziedzinach gospodarki i zarządzania zasobami środowiska naturalnego. W szczególności może przyczynić się do realizacji programów zrównowa-

żonego górnictwa oraz podjęcia wspólnych działań w celu kompleksowej oceny zagrożeń środowiska oraz ich minimalizacji. Przygraniczne tereny Polski i Ukrainy są zasobne w złoża kopalin, zarówno tych o znaczeniu ponadlokalnym (węglowodory, siarka rodzima), jak i pospolitych kopalin skalnych. Ich wydobycie, uzasadnione z gospodarczego

punktu widzenia, powoduje zawsze ingerencję w środowisko przyrodnicze, powodując przekształcenia powierzchni i ekosystemów. Ich finalny skutek może okazać się pozytywny, generując wzrost bioróżnorodności i ujawniając georóżnorodność obszaru. Może też powodować zmiany niekorzyst-

ne. Realne zagrożenia środowiskowe związane z eksploatacją kopalin dotyczą głównie negatywnych skutków zaniechanego wydobycia siarki rodzimej. W mniejszym stopniu związane są z odkrywkową eksploatacją kopalin skalnych i potencjalnie – z eksploatacją węglowodorów.

## LITERATURA

- BILANS zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce, 2006–2008 (red. M. Gientka, A. Malon, W. Tymiński). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BOGUICKI A., WOŁOSZYN P., GERASIMOW L., WYSOCKA A., 1998 — Budowa geologiczna Roztocza Ukrainieckiego. LXIX Zjazd Nauk. Pol. Tow. Geol. Budowa geologiczna Roztocza: 245–256. Lublin.
- BUŁA Z., HABRYN R. (red.), 2008 — Atlas geologiczno-strukturalny podłoża paleozoicznego Karpat zewnętrznych i zapadliśka przedkarpackiego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CIEŚLIŃSKI S., KUBICA B., RZECHOWSKI J., 1994 — Mapa geologiczna Polski w skali 1:200 000, ark. Tomaszów Lubelski, Dołhobyczów. Kartograficzna Agencja Ekologiczna S.A.
- GAŚIEWICZ A., 2000 — Sedymentologia i diagenetyzacja wapieni poselenitowych a model genetyczny polskich złóż siarki rodzimej. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **172**.
- GAŚIEWICZ A., 2007 — Złoże siarki rodzimej Basznia – wpływ eksploatacji na cechy geochemiczne środowiska powierzchniowego. *W: Budowa geologiczna regionu lubelskiego i problemy ochrony litosfery* (red. M. Harasymuk): 95–102. UMCS, Lublin.
- GAŚIEWICZ A., CZAPOWSKI G., PARUCH-KULCZYCKA J., 2004 — Granica baden–sarmat w zapisie geochemicznym osadów w północnej części zapadliśka przedkarpackiego – implikacje stratygraficzne. *Prz. Geol.*, **52**, 5: 413–420.
- GERASIMOW L., CZALIJ W., GERASIMOWA I., 2004a — Dierzawna geologiczna karta Ukrainy skal 1:200 000, ark. Drohobycz. Kijów.
- GERASIMOW L., MAKAROWA I., CZALIJ W., PŁOTNIKOW A., GERASIMOWA I., 2004b — Dierzawna geologiczna karta Ukrainy skal 1:200 000, ark. Rawa Ruska. Kijów.
- GUTOWSKI J., POPADYUK I., OLSZEWSKA B., 2005 — Late Jurassic–Earliest Cretaceous evolution of the epicontinental sedimentary basin of South-Eastern Poland and Western Ukraine. *Geol. Quart.*, **49**, 1: 16–31.
- INSTRUKCJA opracowania mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, 2005. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JOCHEMCZYK Z., OSENDOWSKA E., NOWACKI K., BLIŻNIAK A., KWECKO P., TOMASSI-MORAWIEC H., 2007a — Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (wraz z objaśnieniami), ark. Cieszanów. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [dok. elektroniczny].
- JOCHEMCZYK Z., OSENDOWSKA E., NOWACKI K., BLIŻNIAK A., KWECKO P., TOMASSI-MORAWIEC H., 2007b — Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (wraz z objaśnieniami), ark. Dzików. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [dok. elektroniczny].
- JOCHEMCZYK Z., OSENDOWSKA E., NOWACKI K., BLIŻNIAK A., KWECKO P., TOMASSI-MORAWIEC H., 2007c — Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (wraz z objaśnieniami), ark. Horyniec. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [dok. elektroniczny].
- JOCHEMCZYK Z., WIERZBANOWSKI P., NOWACKI K., BLIŻNIAK A., KWECKO P., TOMASSI-MORAWIEC H., 2007d — Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (wraz z objaśnieniami), ark. Lubaczów i Sieniawka. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [dok. elektroniczny].
- KONDRACKI J., 2002 — Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KOTARBA M.J., PERYT T.M., KOLTUN Y.V., 2011 — Microbial gas system and prospectives of hydrocarbon exploration in Miocene strata of the Polish and Ukrainian Carpathian Foredeep. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **81**: 523–544.
- KRZYWIEC P., 1999 — Miocenska ewolucja tektoniczna wschodniej części zapadliśka przedkarpackiego (Przemysł–Lubaczów) w świetle interpretacji danych sejsmicznych. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **168**: 249–276.
- KRZYWIEC P., 2001 — Contrasting tectonic and sedimentary history of the central and eastern parts of the Polish Carpathian Foredeep Basin – results of seismic data interpretation. *Marine Petrol. Geol.*, **18**, 1: 13–38.
- NEY R., 1969 — Piętra strukturalne w północno-wschodnim obramowaniu zapadliśka przedkarpackiego. *Pr. Geol. Oddz. PAN Kraków*, **53**.
- OSZCZYPKO N., KRZYWIEC P., POPADYUK I., PERYT T., 2006 — Carpathian Foredeep Basin (Poland and Ukraine): its sedimentary, structural and geodynamic evolution. *AAPG Memoir*, **84**: 261–319.
- OSZCZYPKO N., ŚLĄCZKA A., 1998 — The evolution of the Miocene basin in the Polish Outer Carpathians and their foreland. *Geol. Carpath.*, **40**: 23–36.
- PACZYŃSKI W., SADURSKI A. (red.), 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski, t. I. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PERYT T.M., 2006 — The beginning, development and termination of the Middle Miocene Badenian salinity crisis in Central Paratethys. *Sedim. Geol.*, **188/189**: 379–396.
- PERYT T.M., PERYT D., 1994 — Badenian (Middle Miocene) Rattyn Limestone in western Ukraine and northern Moldavia: microfacies, calcareous nannoplankton and isotope geochemistry. *Bull. Pol. Acad. Sc. Earth Sci.*, **42**: 127–136.
- RAUCH M., 2009 — Neogene stress field in the central and eastern parts of the Outer Polish Carpathian Foredeep. *Geodinamica Acta*, **22**, 1/2: 99–110.
- STUPNICKA E., 2007 — Geologia regionalna Polski. Wyd. UW, Warszawa.
- UCHNAST Z., OSENDOWSKA E., NOWACKI K., BLIŻNIAK A., KWECKO P., TOMASSI-MORAWIEC A., 2007 — Mapa

- geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (wraz z objaśnieniami), ark. Laszki. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [dok. elektroniczny].
- WIERZBANOWSKI P, BLIŹNIAK A., KWECKO P., STEC B., TOMASSI-MORAWIEC A., 2007a — Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (wraz z objaśnieniami), ark. Krakowiec. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [dok. elektroniczny].
- WIERZBANOWSKI P, BLIŹNIAK A., KWECKO P., STEC B., TOMASSI-MORAWIEC A., 2007b — Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (wraz z objaśnieniami), ark. Radymno. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [dok. elektroniczny].
- WYSOCKA A., 2006 — Klastyczne utwory badeńskie Roztocza – przebieg sedimentacji w północnej, marginalnej strefie zapadliska przedkarpaccyckiego. *Prz. Geol.*, **54**, 5: 430–437.

## SUMMARY

The Polish-Ukrainian transborder area seems to be very interesting in the geological and environmental aspects. Several mineral deposits of: natural gas (locally with accompanying crude oil), native sulphur, lignite, dimension and crushed stones as well as common clays, natural aggregates and peat were discovered in this region. Some of them are mined, giving negative impacts to the environment. The area, in particular its northern part named Roztocze, is characterised by significant nature values and rich cultural heritage. The most interesting and valuable sites are under legal protection. These are: part of the South Roztocze Landscape Park in Poland which continues into Ukraine as the Javorov National Park and a planned landscape park, several natural reserves, Protected Landscape Areas and several natural monuments. Landscape parks were included into the European Natura 2000 net. Regarding the sustainable development of all these areas, the bilateral cooperation seems to be necessary to solve environmental problems and to protect nature values.

A significant form of activity in bilateral cooperation between Poland and Ukraine in the range of sustainable spatial-planning management and minimization of negative impacts of mining activity (in particular sulphur mining) should be the construction of transborder geo-environmental maps.

The idea and methodology of geo-environmental maps were developed in the Polish Geological Institute – National Research Institute about 16 years ago. The 1:50 000-scale map sheets, covering the whole country area, have been produced within the framework of a long-term project that ends in 2012. The main purpose of the geo-environmental maps is to collect the complex information about the geology, mineral resources and management of mineral deposits, nature and cultural values of the area, nature protection forms, as well as anthropoppression sources and character of environmental hazard. All information are stored in a special database, and printed as maps accompanied by a guiding text. Information could be used as a tool helping the sustainable management of the environment and space (land use planning), particularly in contributing to the more effective protection of regional-scale natural heritage.

There are two goals of the paper. The first one is to show a concept of geo-environmental maps, the second one – to present the preliminary results of the research carried out in 2006–2007 in the Polish-Ukrainian transborder area, located

between Lubaczów–Radymno (Poland) and Ivano-Frankove (Ukraine). The work was related to the mineral resources potential assessment, which seems to be the significant element of the environment and one of the important sources of geo-hazard. The research resulted in the preparation of the list of mineral deposits (in both Poland and Ukraine), with their geology, mining conditions and economic values described. The scope of mining activity was registered, and environmental damages of mining were identified.

The greatest hazard are the negative effects of sulphur mining. Sulphur was mined by using two methods: in an open-pit or by underground melting in deeper (below 60 m) parts of the deposit. In Poland, the “Basznia” sulphur deposit was exploited in 1976–1993 by the underground melting method. Reclamation of the post-mining area started in 2001 but it has not been finished because of lack of funding. Now it is secured, but it is a potential source of environmental threats. In Ukraine, two sulphur deposits were exploited. The Niemyriv deposit was mined (from the 1960s to the 1980s) by the underground melting method. The 3000 abandoned boreholes have not been liquidated in full (only equipment has been removed) and they are still the source of geo-hazard. The Yaziv deposit was mined by the open-pit method between 1964 and 1994. The abandoned post-mining area, more than 1000 ha, had not been reclaimed until 2001. The reclamation process started in 2002 but was stopped because of funding problems. As a result of the first stage of reclamation, a large water reservoir named Yavoriv Lake was built. It should be surrounded by five protection-recreation zones and an ecological monitoring centre.

The negative effects of common mineral commodities like stones, natural aggregates and clays are not so spectacular because of their character and a small scale of mining. The most severe among them are landscape alteration and garbage deposition in the excavations.

The described problems are an example of a wide range of geo-environmental analyses, which are possible to perform by using information collected during the preparation of the geo-environmental maps and the database. They are useful for showing all the elements of the natural environment, as well as for solving further transborder environmental problems and developing the effectiveness of nature heritage protection.

