

SUROWCE CERAMICZNE Z ODPADÓW – WYBRANE PRZYKŁADY

CERAMIC RAW MATERIALS FROM THE WASTES – SOME EXAMPLES

Ewa Lewicka - Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków

Artykuł omawia zagadnienie wykorzystania surowców pozyskiwanych ze źródeł odpadowych w przemyśle ceramicznym, które przedstawiono na przykładzie wzbogaconej w kaolinit substancji ilastej otrzymanej po płukaniu piasków kwarcowych oraz bogatych w alkalia najdrobniejszych frakcji, powstających w toku produkcji granitowych kruszyw łamanych. Surowce te, mimo przeciętnej jakości, tj. zwykle dużej zawartości tlenków barwiących, znajdują zastosowanie w produkcji wyrobów ceramicznych, dla których nie jest wymagana wysoka białość po wypaleniu. W artykule scharakteryzowano również zjawiska, które spowodowały zainteresowanie źródłami tych surowców uznawanymi wcześniej za odpadowe, stymulując rozwój ich wykorzystania w przemyśle ceramicznym na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat. Głównym doń przyczynkiem był szybki wzrost rodzimej produkcji płytek ceramicznych. Od połowy lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku podaż surowca kaolinowego stanowiącego produkt uboczny przeróbki piasków kwarcowych zwiększyła się z około 20 tys. Mg/r. do 90-110 tys. Mg/r. Z kolei sprzedaż drobnoziarnistych frakcji granitowych wykorzystywanych w przemyśle ceramicznym w roli surowca skaleniowo-kwarcowego w analogicznym okresie wzrosła z poziomu około 30 tys. Mg/r. do 120 tys. Mg/r. w latach 2007-2008, ze spadkiem do około 70 tys. Mg/r. w ostatnim czasie. Omawiane surowce stanowią i nadal będą stanowić istotne uzupełnienie krajowej podaży surowców ceramicznych. Rozwój ich wykorzystania to przykład racjonalnej i kompleksowej gospodarki kopalinami w złożach eksploatowanych, co jest szczególnie istotne w kontekście kurczącej się bazy zasobowej oraz ograniczonych możliwości udostępnienia nowych złóż.

The paper discusses the issue of utilization of raw materials obtained from wastes in the domestic ceramic industry that have been exemplified by clayey substance enriched in kaolinite, remaining after quartz sand washing, and the alkalis-rich finest fractions generated in course of granite crushing. Despite poor quality, i.e. usually high content of colouring oxides, these raw materials have been utilized for the production of ceramic goods, the whiteness of which after firing is not required. The paper also characterizes phenomena that caused an interest in the sources previously considered as waste and stimulated their intense utilization in the ceramic industry over the last several years. The most important contribution has been made by the fast growing domestic ceramic tile production. Since the mid-1990s the supply of by-product kaolin rose from 20,000 tpy to 90,000-110,000 tpy in the last couple of years. At the same time the sale of the finest granite fractions utilized as a feldspar-quartz raw materials in the ceramic industry increased from 30,000 tpy to 120,000 tpy in 2007-2008, with a reduction to ca. 70,000 tpy most recently. The raw materials in question are the essential complement to the domestic supplies. The development of their utilization has been an example of rational and comprehensive management of all minerals that occur in deposits in operation. This is particularly important in the context of declining reserves and limited availability of new deposits.

Słowa kluczowe: surowce ceramiczne, odpady, piaski kwarcowe, granity

Key words: ceramic raw materials, wastes, quartz sands, granites

Wprowadzenie

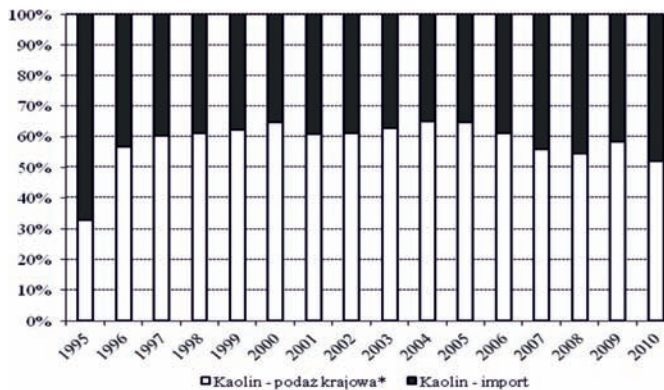
Podstawowymi surowcami mineralnymi stosowanymi w przemyśle ceramicznym są: surowce ilaste (kaolin, ily ceramiczne białe i jasno wypalające się), surowce skaleniowe (skaleniowe, surowce skaleniowo-kwarcowe, syenit nefelinowy) oraz surowce kwarcowe. Począwszy od połowy lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku obserwowano w Polsce dynamiczny rozwój produkcji wyrobów ceramicznych, zwłaszcza płytek i wyrobów sanitarnych, który spowodował znaczny wzrost zapotrzebowania na surowce mineralne, rozwój importu oraz wzmoczone poszukiwania nowych ich źródeł. Nie dotyczyło to surowców kwarcowych, dostarczanych w całości przez producentów krajowych. W przypadku pozostałych surowców tylko część podaży pochodziła z rodzimych źródeł: 50-65% surowców kaolinowych (rys. 1), około 60-70% surowców

skaleniowych i skaleniowo-kwarcowych (rys. 2) oraz zaledwie 10-20% iltów ceramicznych [1].

Najwyższy poziom i tempo wzrostu zużycia surowców, związane z rozwojem produkcji, wykazuje od kilkunastu lat przemysł płytek ceramicznych. W okresie 1995-2008 krajowa podaż tych wyrobów rosła nieprzerwanie, zwiększając się 8,5-krotnie, tj. z około 230 do 1930 tys. ton rocznie (rys. 3). Było to konsekwencją wdrożenia w latach 1990. w większości rodzimych zakładów nowoczesnej technologii jednokrotnego (szybkiego) wypalania w piecach rolkowych w cyklu skróconym do 40-50 minut (a nie jak wcześniej – 70 godzin), a także intensywnego rozwoju produkcji tzw. płytek gresowych, o podwyższonym do 40-60% udziale surowców skaleniowo-kwarcowych w składzie masy ceramicznej [2]. W latach 2009-2010, w związku z kryzysem gospodarczym i osłabieniem popytu w budownictwie, krajowa podaż płytek ceramicznych

zmniejszyła się do niespełna 1800 tys. Mg/r.

Podobne tendencje obserwowano w branży ceramicznych wyrobów sanitarnych. Od połowy ubiegłej dekady do 2008 r. ich produkcja zwiększyła się z niespełna 25 tys. Mg/r. do ponad 110 tys. Mg/r., przy redukcji do około 90 tys. Mg/r. w ostatnich dwóch

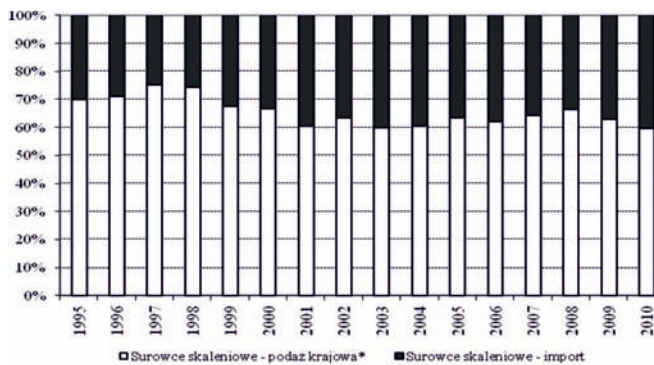


Rys. 1. Źródła podaży surowców kaolinowych w Polsce

* podaż krajowa = produkcja – eksport

Fig. 1. Sources of kaolin supply in Poland

* domestic supply = production – export

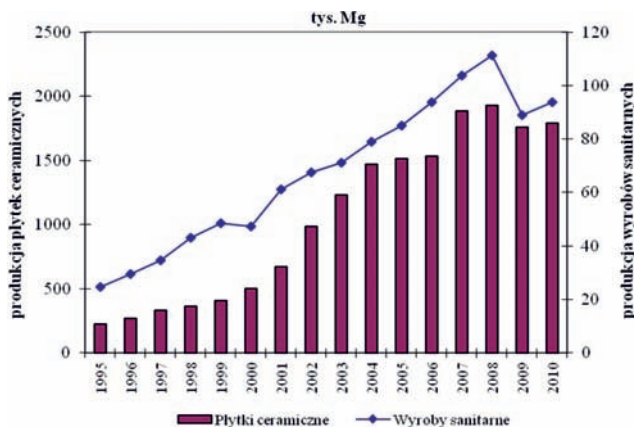


Rys. 2. Źródła podaży surowców skaleniowo-kwarcowych w Polsce

* podaż krajowa = produkcja – eksport

Fig. 2. Sources of feldspar-quartz raw materials supply in Poland

* domestic supply = production – export



Rys. 3. Produkcja płytek ceramicznych i wyrobów sanitarnych w Polsce (na podstawie [3])

Fig. 3. The production of ceramic tiles and sanitaryware in Poland (based on [3])

latach (rys. 3), które – jak w innych gałęziach gospodarki - było pokłosiem globalnego krachu finansowego i inwestycyjnego z roku 2008. Ze względu na wymagania stawiane surowcom stosowanym w produkcji wyrobów sanitarnych (zwłaszcza w zakresie zawartości tlenków barwiących) konieczny jest import odpowiednich ich gatunków z zagranicy, co powoduje

relatywnie mniejsze wykorzystanie surowców rodzimego pochodzenia.

Podaż surowców kaolinowych ze źródeł odpadowych w Polsce

Obecnie surowce kaolinowe uzyskuje się poprzez przeróbkę kopaliny ze złoża Maria III, a także jako produkt uboczny produkcji piasków szklarskich z kredowych piaskowców o lepiszczu kaolinitowym eksploatowanych w Niecce Bolesławieckiej (złoże Osiecznica II) i Tomaszowskiej (złoża Biała Góra I i II Wschód, Unewel Zachód, Grudzeń Las, Piaskownica Zajęczków Wschód). Uboczną produkcję kaolinu szlamowanego ze źródeł odpadowych prowadzą [4]: Kopalnie Surowców Mineralnych Surmin-Kaolin S.A. w Nowogrodźcu (Grupa Kapitałowa Quarzwerke/Niemcy), Grudzeń Las Sp. z o.o. w Sławnie k/Opoczna (Grupa Kapitałowa Atlas/Polska) oraz Tomaszowskie Kopalnie Surowców Mineralnych Biała Góra Sp. z o.o. w Smardzewicach (Grupa Kapitałowa Quarzwerke/Niemcy).

Surmin-Kaolin jest największym i zarazem wyłącznym krajowym dostawcą szerokiej gamy wysoko przetworzonych produktów kaolinowych, wytwarzanych zarówno z kopaliny złoża piaskowców kaolinitowych Maria III, jak i surowca odpadowego o uziarnieniu <0,1 mm, wydzielanego w procesie hydroklasyfikacji piasków kwarcowych ze złoża Osiecznica II w KiZPPS Osiecznica. Materiał ten w postaci zawiesiny jest przewożony cysternami do zakładu przerobczego Surmin-Kaolin, gdzie jest poddawany wzbogacaniu. Otrzymywane są głównie kaoliny ceramiczne, oferowane w formie placków filtracyjnych o wilgotności ok. 26% bądź granulatu o wilgotności ok. 12%. W znacznie mniejszych ilościach pozyskiwane są granulaty papiernicze. Część materiału pochodzącego z Osiecznicy jest wykorzystywana w postaci niewzbogaconego szlamu w przemyśle płytek ceramicznych. W ostatnim okresie produkcja tych gatunków w Surmin-Kaolin wynosiła 30-40 tys. Mg/r., przy łącznej podaży wszystkich produktów kaolinowych tej firmy w granicach 70-80 tys. Mg/r.

W spółce Grudzeń Las surowiec kaolinowy pozyskiwany jest ubocznie w procesie wzbogacania piasków kwarcowych ze złóż Grudzeń Las i Piaskownica Zajęczków Wschód, na etapie płukania frakcji <0,5 mm. Produkt handlowy stanowią placki filtracyjne o wilgotności 20-25%. Mimo stosunkowo wysokiej zawartości tlenków barwiących (łącznie około 2%) jest on z powodzeniem stosowany w przemyśle płytek ceramicznych. W ostatnich latach produkcja surowca kaolinowego w tym przedsiębiorstwie sięgała 40-50 tys. Mg/r.

W Tomaszowskich Kopalniach Surowców Mineralnych Biała Góra Sp. z o.o. kaolin odzyskiwany jest z surowca odpadowego po płukaniu piasków kwarcowych ze złóż Biała Góra I i II Wschód oraz Unewel-Zachód (od 2005 r.), a do 2001 r. – także Biała Góra III Wesoła. Do 2000 r. były to ilości niewielkie, od kilkuset do maksymalnie 2 tysięcy ton rocznie. W związku z uruchomieniem w marcu 2001 r. instalacji przerobczej wyposażonej w jedną prasę filtracyjną, produkcja tej firmy znacznie się zwiększyła, przekraczając 16 tys. ton w 2002 r. Od 2003 r., tj. zakończenia rozbudowy węzła przerobczego o kolejną prasę filtracyjną, zdolności instalacji wynosiły 30 tys. Mg/r. W 2004 r., kiedy rozpoczęto selektywną eksploatację kolejnego dawnego stawu osadowego, sprzedaż surowca kaolinowego osiągnęła poziom około 60 tys. Mg/r. W kolejnych latach uległa ona jednak wyraźnej redukcji, do zaledwie 14 tys. ton

Tab. 1. Udział surowców kaolinowych pozyskiwanych ubocznie w procesie płukania piasków kwarcowych w łącznej produkcji kaolinu w Polsce (tys. Mg)
 Tab. 1. The percentage of kaolin obtained in course of quartz sand washing in the total kaolin production in Poland ('000 t)

Producent/rok	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Krajowa produkcja kaolinu	50,8	59,4	69,7	69,2	80,3	89,9	101,2	113,6
W tym: kaolin z odpadów	19,4	21,7	24,1	21,4	29,9	43,1	61,7	75,0
Udział % kaolinu z odpadów w łącznej produkcji kaolinu w Polsce	38,2	36,5	34,6	30,9	37,2	47,9	61,0	66,0

Producent/rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Krajowa produkcja kaolinu	133,3	157,4	156,7	144,4	153,2	155,9	136,0	124,6
W tym: kaolin z odpadów	80,4	98,2	101,2	101,7	108,6	112,3	104,2	92,5
Udział % kaolinu z odpadów w łącznej produkcji kaolinu w Polsce	60,3	62,4	64,6	70,4	70,9	72,0	76,6	74,2

w 2010 r., zapewne z powodu ograniczenia skali wykorzystania materiału ze składowiska, a także spadku ilości zamówień.

Udział surowca kaolinowego pozyskiwanego ubocznie przez producentów piasków kwarcowych w łącznej krajowej produkcji kaolinu, który w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku wynosił niespełna 40%/r., w ostatnich latach niemal się podwoił (tab. 1). Wiązało się to ze wzrostem wydobycia piasków kwarcowych przy relatywnym zmniejszeniu produkcji kaolinu ze złoża Maria III, a także nadal wysokim zapotrzebowaniem przemysłu ceramicznego na kaolin (mimo relatywnego ograniczenia jego poziomu w ostatnim czasie).

Podaż surowców skaleniowo-kwarcowych ze źródeł odpadowych w Polsce

Wykorzystanie na dużą skalę w przemyśle ceramicznym bogatych w alkalia drobnoziarnistych frakcji ziarnowych powstających w procesie produkcji granitowych kruszyw łamanych datuje się od połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku, korelując z początkami „boomu płytkowego” w Polsce. W latach osiemdziesiątych i na początku lat dziewięćdziesiątych XX w. frakcje te były przedmiotem szczegółowych badań, które prowadzono pod kątem pozyskiwania z nich skaleni potasowych dla przemysłu porcelanowego, co wynikało z deficytu tych surowców w Polsce. Opracowano wówczas kilka koncepcji przeróbki drobnoziarnistych odpadów z kopalń granitu Gniewków, Graniczna i Rogoźnica II [5] [6] [7]. Na skalę przemysłową wdrożono jedynie technologię produkcji mączki skaleniowo-kwarcowej (0,1-0,5 mm) z odpadów granitowych o uziarnieniu <4,0 mm pochodzących z Kopalni Granitu Gniewków. Zdolności produkcyjne uruchomionej w 1995 r. prototypowej instalacji wynosiły 3-4 tys. Mg/r. mączki skaleniowo-kwarcowej dla przemysłu szklarskiego i wyrobów sanitarnych. W 1997 r. część tej instalacji została przeniesiona do kamieniołomu Rogoźnica II, gdzie działała do września 1998 r. jako fragment istniejącego ciągu technologicznego produkcji kruszyw granitowych w Borowskich Kopalniach Granitu. Uzyskiwano dwie klasy mączki o uziarnieniu 0,1-0,5 i 0,5-1,0 mm przy zawartości tlenków barwiących <0,2%. W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku przeróbka drobnoziarnistych frakcji granitowych straciła jakiegokolwiek uzasadnienie ekonomiczne, bowiem materiał ten w stanie nieprzetworzonym, mimo stosunkowo dużej zawartości

tlenków barwiących (zwłaszcza Fe_2O_3), zaczął być na coraz większą skalę stosowany jako pełnowartościowy komponent mas do wytwarzania płytek ceramicznych w technologii szybkiego wypalania. Niebagatelne znaczenie dla rozwoju wykorzystania tych surowców miała ich niska cena.

Największym dostawcą (35-80 tys. Mg/r.) surowców skaleniowo-kwarcowych powstających w procesie produkcji granitowych kruszyw łamanych ze złoża Graniczna jest Eurovia Kruszywa (dawne Wrocławskie Kopalnie Surowców Mineralnych S.A.) – spółka zależna międzynarodowej Grupy Vinci. Przedmiot sprzedaży stanowią zarówno najdrobniejsze frakcje ziarnowe (0-2 i 0-1 mm) z bieżącej produkcji, jak również drobnoziarnisty materiał odpadowy zgromadzony w stawie osadowym. Surowce te znajdują zastosowanie w rodzimych zakładach płytek ceramicznych do produkcji wyrobów szklonych, biskwitu, płytek klinkierowych i wyrobów ceramiki budowlanej. Mniejsze ilości surowców skaleniowych, pozyskiwanych również w oparciu o materiał odpadowy, dostarczają od 2000 r. Jeleniogórskie Kopalnie Surowców Mineralnych ze Szklarskiej Poręby (5-10 tys. Mg/r. głównie mączek dla przemysłu szklarskiego o uziarnieniu 0-1 mm i zawartości Fe_2O_3 maks. 0,1-0,35%), a także inni dolnośląscy producenci granitowych kruszyw łamanych, m.in.: Kopalnia Gniewków/OKSM (niesort granitowy 0-5 mm), PPU Czernica Granit Sp. z o.o. (tzw. frakcja odpadowa), czy Kopalnia Granitu Rogoźnica II/Colas Kruszywa (mieszanka 0-5 mm). Łączna podaż najdrobniejszych frakcji kruszywa z wymienionych kopalń granitu, znajdująca zbyt w sektorze płytek ceramicznych, która w połowie lat dziewięćdziesiątych XX w. sięgała 27-45 tys. Mg/r., osiągnęła w latach 2007-2008 poziom 120-140 tys. Mg/r., przy redukcji do około 70 tys. Mg/r. w ostatnich dwóch latach. Jej udział w łącznej podaży surowców skaleniowo-kwarcowych ze źródeł krajowych w tym okresie relatywnie się jednak zmniejszył (z 31-38% do 15-20%) ze względu na znaczny przyrost produkcji ze źródeł pierwotnych, tj. ze złóż eksploatowanych pod kątem pozyskiwania surowców skaleniowo-kwarcowych (tab. 2).

Uwagi końcowe

Jakość, a także wielkość zasobów występujących w Polsce złóż kopalni stanowiących źródło pozyskiwania surowców kaolinowych i skaleniowych jest niewystarczająca w stosunku zapotrzebowania krajowych użytkowników, w szczególności

Tab. 2. Udział surowców skaleniowo-kwarcowych pozyskiwanych w procesie produkcji kruszyw granitowych w łącznej produkcji surowców skaleniowych w Polsce (tys. Mg)

Tab. 2. The percentage of feldspar-quartz raw materials generated in course of granite crushed aggregates production in the total feldspar production in Poland ('000 t)

Producent/rok	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Krajowa produkcja surowców skaleniowych	71,3	86,1	108,1	116,7	120,1	161,2	208,6	293,0
W tym: surowiec skaleniowo- kwarcowy z odpadów	27,2	29,3	33,9	44,5	38,5	71,9	70,4	93,6
<i>Udział % skaleniokwarcu z odpadów w łącznej produkcji surowców skaleniowych w Polsce</i>	<i>38,1</i>	<i>34,0</i>	<i>31,4</i>	<i>38,1</i>	<i>32,1</i>	<i>44,6</i>	<i>33,7</i>	<i>31,9</i>

Producent/rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Krajowa produkcja surowców skaleniowych	334,4	408,9	505,2	477,6	591,8	643,7	478,0	485,1
W tym: surowiec skaleniowo- kwarcowy z odpadów	58,1	56,0	63,1	78,5	119,1	118,9	69,3	72,3
<i>Udział % skaleniokwarcu z odpadów w łącznej produkcji surowców skaleniowych w Polsce</i>	<i>17,4</i>	<i>13,7</i>	<i>12,5</i>	<i>16,4</i>	<i>20,1</i>	<i>18,5</i>	<i>14,5</i>	<i>14,9</i>

producentów ceramiki szlachetnej. Również wysoki popyt na surowce ze strony innych gałęzi przemysłu ceramicznego, zwłaszcza płytek ceramicznych i wyrobów sanitarnych, powoduje konieczność uzupełniania krajowej podaży surowcami z importu oraz wzmożone wykorzystanie surowców odpadowych.

W przypadku surowców kaolinowych rozwój ich pozyskiwania ze źródeł odpadowych w znacznym stopniu przyczynił się do powstrzymania eskalacji zagranicznych dostaw tych surowców do Polski w latach dwutysięcznych. Dzięki temu udział importu w łącznej podaży surowców kaolinowych w latach 1997-2006 utrzymywał się na poziomie poniżej 40%/r. (42-48%/r. od 2007 r.), podczas gdy w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych sięgał on 60-70%/r. (rys. 1). Łączna podaż surowców kaolinowych w Polsce, zarówno z rodzimych źródeł (w tym ponad 70% surowca pozyskiwanego ubocznie z odpadów), jak i z importu (głównie z Niemiec, Czech i Ukrainy) w analizowanym okresie podwoiła się, przekraczając w ostatnich latach 200 tys. Mg/r. (z maks. 270 tys. Mg w 2008 r.) [1].

Udział surowców importowanych w podaży surowców skaleniowych i skaleniowo-kwarcowych w Polsce, mimo znacznej zwyczajki dostaw po 2000 r. (około 4-krotny wzrost) również generalnie nie przekraczał 40% łącznej podaży (rys. 2). Wyjątek stanowił rok 2010, kiedy udział importu (pochodzącego głównie z Turcji, Czech i Norwegii) wyniósł niespełna 41% [8]. Surowce skaleniowo-kwarcowe, pozyskiwane ze źródeł odpadowych przede wszystkim dla potrzeb przemysłu płytek ceramicznych, stanowiły od połowy lat dziewięćdziesiątych XX w. istotne uzupełnienie produkcji tych surowców ze źródeł pierwotnych (początkowo rzędu 40%/r., ostatnio 15-20%/r.). Łączna podaż

surowców skaleniowych i skaleniowo-kwarcowych w Polsce (ze wszystkich źródeł) wzrosła w analizowanym okresie niemal dziesięciokrotnie, osiągając maksimum 960 tys. Mg/r. w 2008 r. Główny w tym udział miał jednak rozwój ich produkcji ze złóż kopalni skaleniowo-kwarcowych.

Podsumowując, należy stwierdzić, że omawiane surowce odpadowe stanowią ważne uzupełniające źródło zaopatrzenia jednej z najszybciej rozwijających się gałęzi przemysłu w Polsce, tj. przemysłu płytek ceramicznych. Ich wykorzystanie przyczynia się do zwiększenia udziału krajowych surowców mineralnych w gospodarce narodowej, a także ograniczenia ilości odpadów na składowiskach przemysłu wydobywczego, a także stanowi przykład racjonalnej i kompleksowej gospodarki kopalniami w złożach eksploatowanych.

Możliwości rozwoju krajowej podaży surowców ceramicznych nie kończą się na omówionych w artykule źródłach surowców kaolinowych i skaleniowo-kwarcowych. Listę tę należy uzupełnić m.in. o kopaliny ilaste współwystępujące w eksploatowanych złożach węgla brunatnego (wykorzystywane w znikomym stopniu), czy np. twory o charakterze leukokratycznym i podwyższonym udziale alkaliów, towarzyszące m.in. marmurom w kamieniołomie w Sławniowicach k. Nysy na Dolnym Śląsku, których przydatność do produkcji płytek ceramicznych została potwierdzona w warunkach przemysłowych [2].

Literatura

- [1] Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata 2009 (red. R. Ney, T. Smakowski, K. Galos). Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2011
- [2] Lewicka E. – Ocena kopaliny skaleniowo-kwarcowej ze Sławniowic (Sudety Wschodnie) jako potencjalnego surowca ceramicznego. Studia, Rozprawy, Monografie 163, Kraków 2010
- [3] GUS – niepublikowane statystyki produkcji i handlu zagranicznego za lata 1995-2010
- [4] Lewicka E., Wyszomirski P., Ratajczak T. – Wybrane surowce odpadowe z górnictwa i przeróbki kopalin skalnych. [W:] Surowce mineralne Polski. Mineralne surowce odpadowe (red. R. Ney). Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2009
- [5] Ociepa Z. – Ocena porównawcza odpadów granitowych jako surowców do produkcji koncentratów skaleniowych. Gosp. Sur. Min. 10 z. 3, 1994
- [6] Ociepa Z., Stobierska E., Polak A. – Badania nad wykorzystaniem odpadów granitowych z Gniewkowa jako topników w przemyśle ceramicznym. Szkło i Ceramika 46, 1995
- [7] Nowak A. – Technologie przetwarzania odpadów surowców skalnych. Inżynieria Mineralna, z. spec. 1, 2002
- [8] Lewicka E. – Conditions of the feldspathic raw materials supply from domestic and foreign sources in Poland. Gosp. Sur. Min. t. 26 z. 4, 2010



Składowisko kopalin towarzyszących - Pole Szczerców

zdj. arch. KWB Bełchatów