

Elżbieta PILECKA*, Krystyna STEC**

* Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków

** Główny Instytut Górnictwa, Katowice

Analiza związku wysokoenergetycznej sejsmiczności z anomaliami grawimetrycznymi i magnetycznymi na terenie GZW

Streszczenie

W artykule podjęto próbę jakościowej korelacji występowania epicentrow najsilniejszych wstrząsów górniczych od energii 10^7 J z położeniem anomalii grawimetrycznych i magnetycznych na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Dla potrzeb analizy wykorzystano mapy tzw. pionowych granic gęstości i namagnesowania opracowanych w Państwowym Instytucie Geologicznym. Stwierdzono prawdopodobny związek między lokalizacją epicentrow silnych wstrząsów a położeniem pionowych granic gęstości w rejonie uskoku kłodnickiego. Natomiast pionowe granice namagnesowania nie wykazują wyraźnych związków z położeniem epicentrow wysokoenergetycznych wstrząsów.

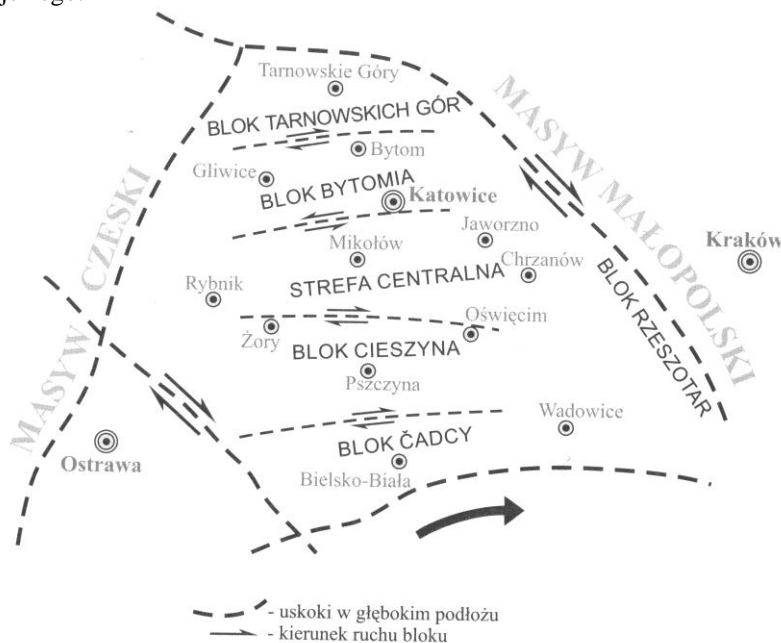
1. Tektoniczne przyczyny sejsmiczności w GZW

Badania sejsmiczności w GZW wskazują, że ma ona bimodalny charakter (Kijko 1986; Drzęzła i in. 1984). Wstrząsy indukowane przez eksploatację podziemną pokładów węgla kamiennego na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) można podzielić na wstrząsy eksploatacyjne (słabsze energetycznie) i regionalne (wysokoenergetyczne). Prowadzone systematycznie od lat 90. ubiegłego wieku badania mechanizmu ognisk wstrząsów metodą inwersji tensora momentu sejsmicznego wykazują zróżnicowanie rozwiązań, a więc istnienie różnych i często złożonych mechanizmów, co potwierdza istnienie zjawiska modalności sejsmiczności górniczej (Gibowicz, Wiejacz 1994; Gibowicz i in. 1996; Domański 1997; Wiejacz, Ługowski 1997; Stec 1999). Próby wyjaśnienia mechanizmu wstrząsów regionalnych (Gibowicz 1996; Idziak i in. 1999; Dubiński i in. 1999; Stec, Drzewiecki 2000) wykazały, że przyczyną ich występowania jest koincydencja dwóch czynników: naprężeń związanych z deformacją masywu skalnego spowodowaną działalnością górnictwem oraz naprężeń tektonicznych. Uaktywnienie uskoku zachodzi w wyniku dynamicznej relaksacji naprężeń wygenerowanych deformacją warstw skalnych w konsekwencji prowadzonej eksploatacji w sąsiedztwie stref uskoku. Prawdopodobnie taki mechanizm charakteryzuje występowanie silnych wstrząsów regionalnych. Wyeksploatowanie dużych objętości pokładów węgla kamiennego, na różnych głębokościach jest przyczyną dużych obniżen powierzchni terenu oraz deformacji w górotworze generując złożone pola koncentracji naprężeń wtórnych. Eksploatacja prowadzona jest w stosunkowo silnie zuskokowanym złożu. Strefy uskoku, ze względu na silne spękania skał, są strefami osłabienia w karbońskim górotworze zbudowanym głównie

z naprzemianległych warstw piaskowców, iłowców i mułowców. Uaktywnienie uskoków zachodzi w wyniku dynamicznej relaksacji naprężeń wygenerowanych deformacją warstw skalnych w konsekwencji prowadzonej eksploatacji w sąsiedztwie stref uskokowych. Aktywność uskoków jest potwierdzona występowaniem wstrząsów o różnych energiach w bezpośrednim ich sąsiedztwie.

Powstanie tektoniki struktur waryscyjskich GZW było ściśle powiązane ze strefami rozłamów wgłębnych w podłożu krystalicznym. W orogenezie waryscyjskiej, oprócz ruchów pionowych wzdłuż wgłębnych dyslokacji, istniały poziome ruchy przesuwcze bloków. Istotną rolę odegrała tu strefa uskokowa Kraków–Lubliniec, która od północnego wschodu i północy oddziela blok górnośląski od bloku małopolskiego. Strefa ta wykazywała dużą wieloetapową aktywność o charakterze przesuwczym w okresie całego paleozoiku po perm włącznie (Buła i in. 2005). W wyniku tej aktywności masyw górnośląski wykonał rotacyjne lewoskrętne przemieszczenie. Prawdopodobnie połączone było to z kolizją typu kontynent–kontynent między Brunovistulikum spełniającym rolę płyty dolnej a Masywem Czeskim jako płytą górną (Buła i in. 2005; Kotas 1985).

Aktualnie dominują poglądy, że blok górnośląski składa się z kilku mniejszych bloków o przebiegu subrównoleżnikowym. Są to od północy (rys.1.1): blok Tarnowskich Gór, blok Bytomia, jednostka centralna, blok Cieszyna, blok Čadcy oraz blok Rzeszotar (z tym, że ten ostatni znajduje się już poza umownymi granicami GZW, które przyjmuje się jako zasięg występowania spągu górnośląskiego). Taka orientacja głównych elementów głębokiego podłoża i późniejsza aktywność stref nieciągłości zdeterminowała kierunki głównych struktur piętra waryscyjskiego.



Rys. 1.1. Górnośląskie Zagłębie Węglowe i uskoki w głębokim podłożu (Kotas 1985)
Fig. 1.1. GZW and faults in deep Precambrian bedrock (Kotas 1985)

Mięszość kompleksu waryscyjskiego wynosi około 7000–8000 m. Należą do niego utwory dewonu i karbonu. W tym kompleksie najlepiej rozpoznane zostały utwory karbonu produktywnego. To rozpoznanie wynika głównie z możliwości prowadzenia badań i obserwacji w wyrobiskach kopalnianych. Tektonika utworów karbonu produktywnego jest zróżnicowana. W zachodniej części zagłębia jest to tektonika fałdowa, natomiast na pozostałym obszarze tektonika dysjunktywna. Geometria sieci uskoków karbońskich podporządkowana jest kierunkowi W-E. Największymi dyslokacjami są subrównoleżnikowo zorientowane strefy uskoków zrzucające warstwy karbońskie w kierunku południowym. W obrębie tych stref występują małe uskoki najczęściej o kierunku południkowym. W części centralnej istnieje też szereg innych mniejszych uskoków o kierunku zbliżonym do południkowego. Inne elementy strukturalne tej strefy mają także przebieg równoleżnikowy. Oś niecki głównej biegnie łukiem z zachodu na wschód i dalej na południowy wschód przez centrum GZW. Niecka główna od północy graniczy z siodłem głównym o przebiegu równoleżnikowym. Na północ od siodła głównego zlokalizowana jest duża jednostka także o przebiegu równoleżnikowym brachsynklina Bytomia.

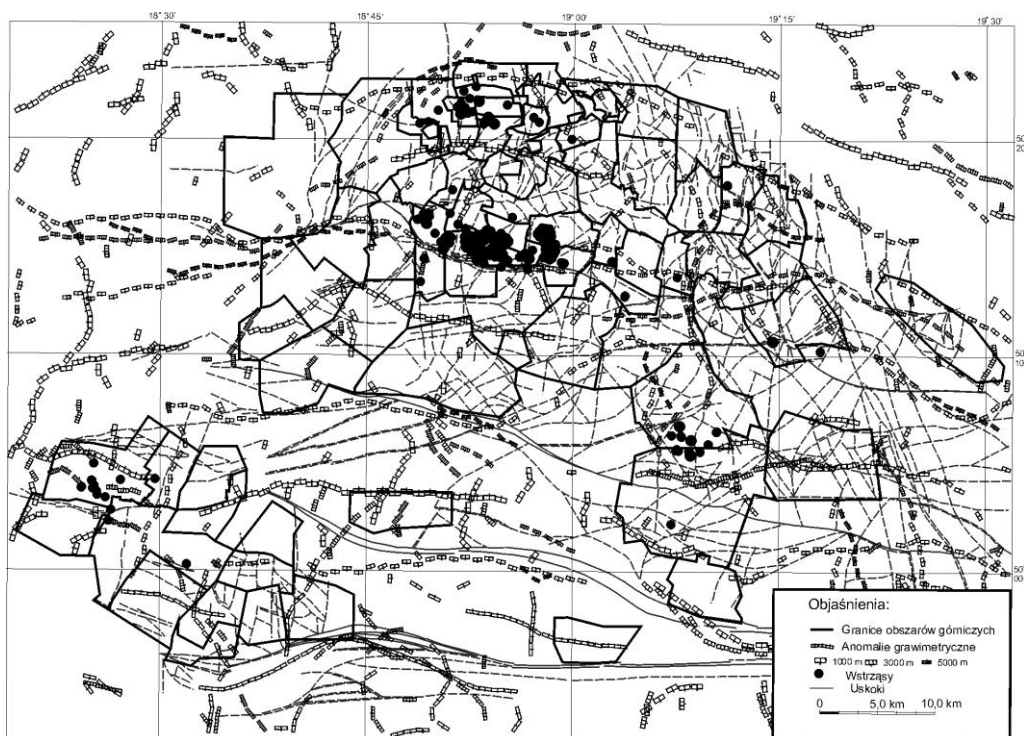
Badania rozkładu epicentrów silnych wstrząsów w sekwencjach czasowych przeprowadzone przez A. Idziaka, L. Tepera i W. Zuberka (1999) wykazały wpływ tektoniki na sejsmiczność GZW. Stwierdzono kierunkowe tendencje powstawania kolejnych wstrząsów. Badania te wykazały silne „spolaryzowanie” kierunków wektorów łączących epicentra dwóch następujących po sobie wstrząsów zgodnie z jednym z dominujących kierunków uskoków.

Do analizy porównawczej wysokoenergetycznej sejsmiczności z występowaniem anomalii grawimetrycznych i magnetycznych wykorzystano wstrząsy z istniejącej Centralnej Bazy Danych, przeliczając współrzędne epicentrów z lokalnego układu współrzędnych Sucha Góra na układ geograficzny. Centralna Baza Danych o wstrząsach rejestrowanych przez GRSS (Górnośląska Regionalna Sieć Sejsmologiczna) i silniejszych wstrząsach rejestrowanych przez KSS (kopalniane sieci sejsmologiczne) jest prowadzona przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach (Stec 2001). Baza ta zawiera podstawowe dane dotyczące wstrząsów o energii większej od 1×10^5 J. Podstawowymi danymi każdego zarejestrowanego wstrząsu to: data i czas wystąpienia, jego energia i współrzędne epicentrum wstrząsu.

2. Występowanie anomalii grawimetrycznych i magnetycznych na terenie GZW

Analizowano mapy tzw. pionowych granic gęstości i namagnesowania opracowane przez S. Doktora i in. (1987). Metoda ta, w ogólnym ujęciu polega, na porównaniu obliczonych anomalii grawimetrycznych lub magnetycznych nad pionową granicą (uskokiem) z pomierzonym polem odpowiednio grawimetrycznym i magnetycznym. Wielkością charakteryzującą zgodność założonego modelu z obrazem izoliniowym jest współczynnik korelacji, który przedstawiony jest na mapach pionowych granic gęstości i namagnesowania (rys. 2.1, 2.2 i 2.3).

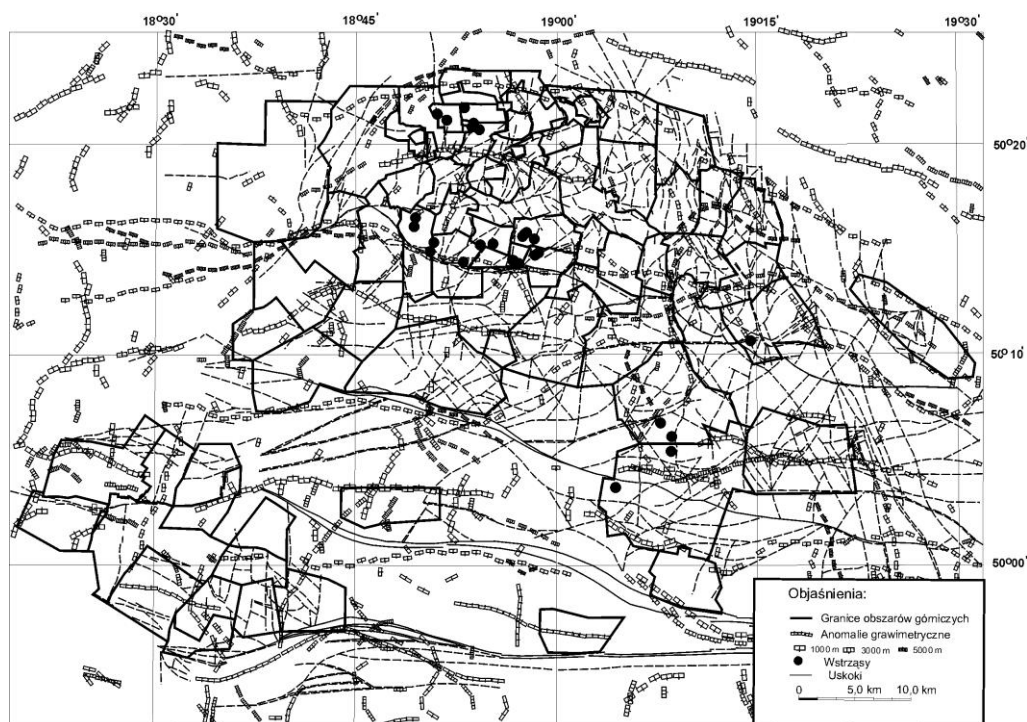
Mapę pionowych granic gęstości wyznaczono dla trzech głębokości 1000, 3000 i 5000 m. Wyznaczone granice wskazują na prawdopodobny przebieg stref związanych z dyslokacjami lub granicami litologicznymi (na różnych głębokościach). W przypadku anomalii magnetycznych wyznaczono mapy pionowych granic namagnesowania dla głębokości 2000 i 5000 m. Tektonikę utworów karbonu produktywnego na rysunkach 2.1, 2.2, 2.3 przedstawiono na podstawie mapy geologiczno-strukturalnej utworów karbonu produktywnego z zaznaczonymi obszarami górnictwa (Buła, Kotas 1994).



Rys. 2.1. Pionowe granice gęstości na obszarach górniczych GZW na tle sejsmiczności indukowanej (wstrząsy o energii od 10^7 J) w latach 1980–2004 i tektoniki

Fig. 2.1. Gravimetric anomalies in GZW region, epicenters of high-energy tremors ($> 10^7$ J) in 1980–2004 and tectonics of Carboniferous strata

Na rysunku 2.1 można zaobserwować pewne prawidłowości we wzajemnym położeniu pionowych granic gęstości i epicentrów silnych wstrząsów. W rejonie kopalń niecki bytomskiej epicentra silnych wstrząsów znajdują się „wewnątrz” dwóch linii pionowych granic gęstości. Linie te przebiegają w kierunku W-E od strony południowej na głębokości 1000 m, a od północnej na 1000 m i 5000 m. Nie widać wyraźnego związku położenia epicentrów silnych wstrząsów z uskokami w utworach karbońskich w niecce bytomskiej. W rejonie siodła głównego linia pionowych granic gęstości o kierunku NWW-SEE pokrywa się z uskokiem kłodnickim. W rejonie tym epicentra wstrząsów tworzą zbiorowiska leżące na lub wzdłuż uskoku kłodnickiego. Może to być związane z występowaniem licznych mniejszych uskokuw w całej strefie tego uskoku. Analizując położenie stref uskokuw w warstwach karbońskich w powiązaniu z anomaliami grawimetrycznymi, można doszukać się korelacji w środkowej części strefy uskoku bełckiego oraz w strefie uskokuw jawiszowickich. W strefie uskoku bełckiego pionowe granice gęstości wstępują na głębokości 1000 m i odcinek jest na głębokości 5000 m, natomiast pionowe granice gęstości występujące na głębokości 2000 m mają kierunek NW-SE i nie pokrywają się z kierunkiem uskoku bełckiego.

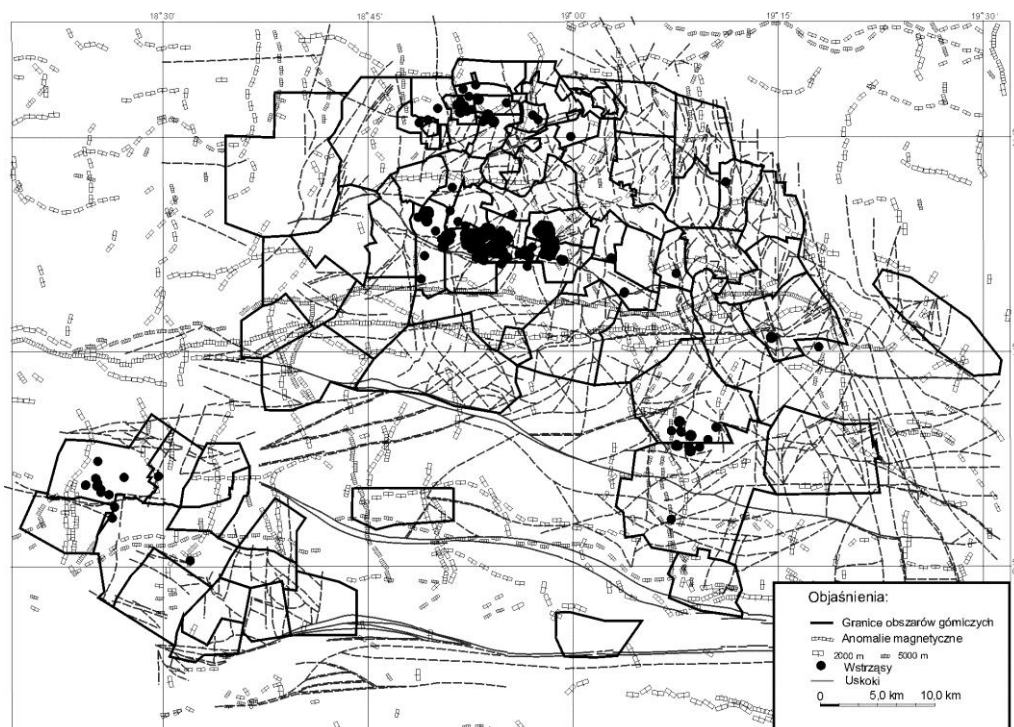


Rys. 2.2. Pionowe granice gęstości na obszarach górniczych GZW na tle sejsmiczności indukowanej (wstrząsy o energii od 108 J) w latach 1980–2004 i tektoniki

Fig. 2.2. Gravimetric anomalies in GZW region, epicenters of high-energy tremors (> 108 J) in 1980–2004 and tectonics of Carboniferous strata

Na rysunku 2.2 wyodrębniono tylko wysokoenergetyczne wstrząsy w celu sprawdzenia związku tych wstrząsów z anomaliami grawimetrycznymi. Cztery wstrząsy można powiązać z pionowymi granicami gęstości tylko w rejonie uskoku kłodnickiego. Pionowe granice gęstości występują tutaj na głębokości 1000m.

Można zauważyć, że w obrębie GZW pionowe granice namagnesowania mają generalnie przebieg W-E. Szczególnie silna anomalia przebiega przez środkową część GZW. Pionowe granice namagnesowania pokazane na rysunku 2.3 nie wykazują wyraźnych związków z położeniem epicentrow wysokoenergetycznych wstrząsów. Linie te nie pokrywają się jednoznacznie również z tektoniką utworów karbońskich. Jedynie na południu w strefie uskoczków jawiszowickich można doszukać się korelacji z anomaliami magnetycznymi na głębokości 5000. Prawdopodobna przyczyna anomalii magnetycznych jest związana z głębszymi utworami i można przypuszczać, że nawet z głębokimi rozłamami w podłożu krystalicznym (pionowe granice namagnesowania na głębokości 5000 m).



Rys. 2.3. Pionowe granice namagnesowania na obszarach górniczych GZW na tle sejsmiczności indukowanej (wstrząsy o energii od 10^7 J) w latach 1980–2004 i tektoniki
Fig. 2.3. Magnetic anomalies in GZW region, epicenters of high-energy tremors ($> 10^7$ J) in 1980–2004 and tectonics of Carboniferous strata

3. Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy wynika, że w niektórych rejonach GZW istnieje związek między lokalizacją epicentrow silnych wstrząsów od 10^7 J a położeniem pionowych granic gęstości. W rejonie Chorzowa, Katowic (siodła głównego) rozkłady epicentrow wstrząsów wykazują zgodność kierunkową z anomaliami grawimetrycznymi. W tym rejonie anomalia grawimetryczna odzwierciedla uskoki kłodnicki, a epicentra wstrząsów mogą świadczyć o „aktywności” tego uskoku. Badania przeprowadzone dla anomalii magnetycznych nie stwierdziły istotnych zależności między rozkładem epicentrow wysokoenergetycznych wstrząsów a położeniem pionowych granic namagnesowania. Kierunek przebiegu pionowych granic namagnesowania może odzwierciedlać przebieg rozłamów w krystalicznym podłożu.

Praca została wykonana w ramach projektu badawczego KBN 4T12B01326.

Literatura

- [1] Doktor S., Graniczny M., Kucharski R. 1987: Korelacja danych teledetekcyjnych i geofizycznych za pomocą technik cyfrowych. *Przegląd Geologiczny* 7–8, 453–461.
- [2] Domański B. 1997. Comparison of source parameters of seismic events at Polish coal and copper ore mines. [W:] *Rockbursts and Seismicity in Mines*, red. S. J. Gibowicz, S. Lasocki, Balkema/Rotterdam/Brookfield, 101–105.
- [3] Dubiński J., Mutke G., Stec K. 1999. Rozwiązania w sejsmologii górniczej poprawiające efektywność oceny stanu zagrożenia sejsmicznego. *Kwart. AGH, Geologia* t. 25, Kraków, 45–58.
- [4] Buła Z., Kotas A. (red. nauk.) 1994: Atlas geologiczny GZW część III, mapy strukturalno-geologiczne 1:100 000, PIG, Warszawa.
- [5] Drzęzła B., Mendecki A., Marcela E. 1984: Wpływ warunków górniczych na kształtowanie się aktywności sejsmicznej na przykładzie KWK Miechowice. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-6* (176), 377–383.
- [6] Gibowicz S.J., Wiejacz, P. 1994. A search for the source non-shearing components of seismic events induced in Polish coal mines. *Acta Geophys. Pol.* 42, 81–110.
- [7] Gibowicz S.J. 1996: Correlations between the seismic energy parameters and the focal mechanism of seismic events induced by mining. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-18*(273), 111–125.
- [8] Idziak A.F., Teper L., Zuberek W.M. 1999: Sejsmiczność a tektonika GZW, Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- [9] Kijko A. 1986: Bimodalny charakter ekstremalnych rozkładów zjawisk sejsmicznych w kopalniach. *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-8* (191), 91–101.
- [10] Stec K., Drzewiecki J. 2000. Relationship between mine tremor focal mechanism and local mining and geological conditions. *Acta Motana, ser. A, no. 16* (118), 189–202.
- [11] Stec K. 1999. Analiza mechanizmów ognisk wstrząsów górniczych występujących w GZW. [W:] *Geomechaniczne i sejsmologiczne modele ognisk wstrząsów górniczych*, AGH, Kraków, 53–73.
- [12] Stec K. 2001, *Rozwój i wykorzystanie Górnośląskiej Regionalnej Sieci Sejsmologicznej*. [W:] *Badania geofizyczne w kopalniach*, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 179–183.
- [13] Wiejacz P., Ługowski A. 1997. Effects of geological and mining structures upon mechanism of seismic events at Wujek coal mine, Katowice, Poland. [W:] *Rockbursts and Seismicity in Mines*, red. S.J. Gibowicz, S. Lasocki, Balkema/Rotterdam/Brookfield, 27–30.

Analysis of relation of high-energy seismic activity with gravimetric and magnetic anomalies in the Upper Silesian Coal Basin (USCB) region

The paper presents the attempt of the correlation of epicenters of the strongest mining tremors (from 10^7 J energy) occurrence with location of gravimetric and magnetic anomalies in the USCB region. For the purpose of the analysis, vertical borders of density and vertical magnetic borders by PIG were used. The probable relation between location of epicenters of the strongest mining tremors and gravimetric anomalies in the region of Kłodnia fault were established. In case of magnetic anomalies, the analysis did not show any relation with location of mining tremors.

Przekazano: 10 kwietnia 2006 r.