

Geneza i charakterystyka
zagrożenia sejsmicznego
w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym



NR 2764

Geneza i charakterystyka zagrożenia sejsmicznego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym

pod redakcją

Wacława M. Zuberka i Krzysztofa Jochymczyka



Redaktor serii: Nauki o Ziemi
Andrzej T. Jankowski

Recenzent
Edward Popiołek

Projekt badawczy zamawiany
PBZ-KBN-104/T12/2003
Kierownik projektu prof. dr hab. inż. Wacław M. Zuberek

Publikacja będzie dostępna — po wyczerpaniu nakładu — w wersji internetowej:

Śląska Biblioteka Cyfrowa
www.sbc.org.pl

Spis treści

Wstęp (<i>Wacław M. Zuberek</i>)	7
1. Badania nad sejsmicznością w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym — ewolucja poglądów na pochodzenie wstrząsów (<i>Wacław M. Zuberek</i>)	9
2. Przestrzenna zmienność warunków deformacji górotworu w rejonie siodła głównego wyznaczona na podstawie badań geometrii uskoku (<i>Lesław Teper, Anna Lisek</i>)	14
2.1. Wstęp	14
2.2. Metodyka badań	15
2.3. Omówienie wyników	21
2.4. Podsumowanie wyników	24
3. Badania geodezyjne	27
3.1. Pomiary przemieszczeń w technologii statycznej GPS (<i>Krzysztof Jochymczyk</i>)	27
3.1.1. Wstęp	27
3.1.2. Lokalizacja badań	27
3.1.3. Metodyka pomiarów terenowych oraz przetwarzanie danych	28
3.1.4. Wyniki badań	29
3.1.5. Wnioski	33
3.2. Satelitarna interferometria radarowa InSAR i PSInSAR (<i>Zbigniew Perski</i>)	35
3.2.1. Opis technologii InSAR i PSInSAR	35
3.2.1.1. Satelitarna interferometria radarowa (InSAR)	35
3.2.1.2. Metoda PSInSAR	37
3.2.2. Zastosowane dane	37
3.2.3. Przetwarzanie danych InSAR	38
3.2.4. Przetwarzanie danych PSInSAR	39
3.2.5. Analiza dokładności wyników uzyskanych dla obszaru GZW	41
3.3. Kompleksowa analiza danych (<i>Zbigniew Perski</i>)	41
3.3.1. Analiza interferogramów	41
4. Sejsmiczność obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego	45
4.1. Charakterystyka sejsmiczności obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (<i>Józef Dubiński, Adam Lurka, Grzegorz Mutke, Krystyna Stec</i>)	45
4.1.1. Górnośląska Regionalna Sieć Sejsmologiczna	45
4.1.2. Charakterystyka sejsmiczności obszaru GZW	46
4.2. Mechanizmy ogniskowe zjawisk sejsmicznych indukowanych na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (<i>Ryszard Dubiel</i>)	49
4.2.1. Wstęp	49
4.2.2. Wyniki badań	50
4.2.3. Mechanizmy nieścinające	51
4.2.4. Średnie lokalne tensory naprężeń, obliczone na podstawie mechanizmów ogniskowych indukowanych zjawisk sejsmicznych	51
4.3. Badanie rozkładu epicentrow silnych wstrząsów w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (<i>Adam F. Idziak</i>)	53

4.3.1. Analiza zmian średniej aktywności sejsmicznej w GZW	54
4.3.2. Badanie tempa wyzwania energii sejsmicznej na tle aktywności sejsmicznej	57
4.4. Testowanie złożoności rozkładu wielkości źródeł sejsmicznych na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (<i>Stanisław Lasocki, Beata Orlecka-Sikora</i>)	59
4.5. Badanie kierunków migracji ognisk wstrząsów „tektonicznych” w celu wyjaśnienia uwarunkowań i mechanizmów ich powstawania (<i>Janusz Mirek, Beata Orlecka-Sikora, Stanisław Lasocki</i>)	64
4.5.1. Analiza defleksji wstrząsów z GZW	65
4.5.2. Analiza zmian w czasie dwuwymiarowego rozkładu prawdopodobieństwa położenia epicentrum wstrząsów	67
4.6. Estymacja górnego ograniczenia wielkości źródła sejsmicznego na obszarze siodła głównego (<i>Beata Orlecka-Sikora, Stanisław Lasocki</i>)	78
4.7. Pasywna tomografia sejsmiczna obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (<i>Wojciech Dębski, Łukasz Rudziński</i>)	80
4.7.1. Wstęp	80
4.7.2. Inwersja probabilistyczna	80
4.7.3. Tomografia sejsmiczna obszaru GZW	81
4.7.4. Wyniki tomografii — dyskusja	85
4.7.5. Podsumowanie	86
Podsumowanie wyników i wnioski (<i>Wacław M. Zuberek</i>)	89
Noty o Autorach	91
Summary	93
Резюме	94

Wstęp

Występowanie sejsmiczności w rejonach eksploatacji górniczej jest zjawiskiem dobrze znanym i musi być rozpatrywane jako jedno z negatywnych oddziaływań górnictwa na środowisko. Jest też przedmiotem specjalnie zaprojektowanych badań sejsmologicznych, górniczych i geologicznych prowadzonych na świecie już od 100 lat, a w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) zainicjowanych z końcem lat dwudziestych ubiegłego wieku. Nie udało się jednak do dzisiaj wyjaśnić jednoznacznie genezy najsilniejszych wstrząsów i często sugerowanych związków z tektoniką obszaru.

W pracy A.F. IDZIAKA i in. (1999) przedstawiono związki między sejsmicznością obszaru GZW a współczesną aktywnością tektoniczną. Opisany w niej model sejsmotektoniczny Zagłębia dobrze charakteryzuje pewne prawidłowości w generowaniu silnych wstrząsów. Przyjęto zatem, że model ten można stosować do opisu powstających w górotworze najsilniejszych zjawisk dynamicznych. Nie pozwala to jednak na pełne poznanie i zrozumienie procesu genezy zjawisk sejsmotektonicznych. Nowoczesne techniki pomiarowe i interpretacyjne stwarzają w tym przypadku duże możliwości prowadzenia obserwacji oraz monitorowania procesów i zjawisk zachodzących w całym obszarze.

W możliwie najkompetentniejszym zespole specjalistów podjęto zatem próbę przeprowadzenia badań pozwalających rzucić nowe światło na stawiane pytania, rozstrzygnąć niektóre z kontrowersyjnych poglądów, a także dostarczyć nowych rozwiązań, które umożliwiłyby poprawę efektywności oceny ryzyka związanego z zagrożeniem sejsmicznym.

W zespole koordynowanym przez Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, przy współpracy sejsmologów Zakładu Sejsmologii

Instytutu Geofizyki PAN w Warszawie, Katedry Geofizyki Wydziału Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz Laboratorium Sejsmologii Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach, podjęto badania w ramach projektu badawczego zamawianego nr PBZ-KBN-104/T12/2003, aby uzyskać odpowiedzi między innymi na następujące pytania:

- Czy w rejonie Górnego Śląska występują strefy, w których należy oczekiwać zwiększonej aktywności sejsmicznej, w jaki sposób wiążą się one z geologią rejonu oraz w jaki sposób uwarunkowania geologiczno-tektoniczne wpływają na zróżnicowanie zagrożenia sejsmicznego?
- Czy w mechanizmie ognisk niektórych wstrząsów zaznaczają się konsekwentnie pewne kierunki nacisków, które można wiązać z aktywnością tektoniczną?
- Jakie relacje zachodzą między obszarami największych osiadań powierzchni terenu wywołanych eksploatacją podziemną a rejonami koncentracji ognisk najsilniejszych wstrząsów?
- Czy obserwowany w sekwencjach najsilniejszych wstrząsów przeskok ognisk wstrząsów należy wiązać z tektoniką zagłębia?

Literatura

IDZIAK A.F., TEPER L., ZUBEREK W.M., 1999: *Sejsmiczność a tektonika Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Katowice, Uniwersytet Śląski, 98 s.

Wacław M. Zuberek

Noty o Autorach

Wacław M. Zuberek, prof. dr hab. inż., Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Stosowanej

Lesław Teper, prof. UŚ dr hab., Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Stosowanej

Anna Lisek, mgr, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Stosowanej

Krzysztof Jochymczyk, dr inż., Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Stosowanej

Zbigniew Perski, dr, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Podstawowej

Józef Dubiński, prof. dr hab. inż., Główny Instytut Górnictwa

Adam Lurka, dr hab. inż., Główny Instytut Górnictwa

Grzegorz Mutke, doc. dr hab. inż., Główny Instytut Górnictwa

Krystyna Stec, dr inż., Główny Instytut Górnictwa

Ryszard Dubiel, dr, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Stosowanej

Adam F. Idziak, prof. dr hab., Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Stosowanej

Stanisław Lasocki, prof. dr hab., Instytut Geofizyki PAN, Zakład Sejsmologii i Fizyki Wnętrza Ziemi

Beata Orlecka-Sikora, dr inż., Instytut Geofizyki PAN, Zakład Sejsmologii i Fizyki Wnętrza Ziemi

Janusz Mirek, dr inż., Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geofizyki

Wojciech Dębski, doc. dr hab., Instytut Geofizyki PAN, Zakład Sejsmologii i Fizyki Wnętrza Ziemi

Łukasz Rudziński, mgr, Instytut Geofizyki PAN, Zakład Sejsmologii i Fizyki Wnętrza Ziemi

The origins and characteristics of seismic hazard in USCB

S u m m a r y

The controversies concerning the origins of the strongest tremors in Upper Silesian Coal Basin (USCB) and their connection to tectonics have been appearing for many years. The studies conducted aimed at explaining the relations between a geological structure and the occurrence of seismic phenomena. The aim of the project was above all:

- to define the areas in Upper Silesia of an increased seismic activity and the relations between seismic phenomena and a geological structure of the research area,
- to show directions of tectonic stresses on the basis of the studies on the focal mechanisms of tremors,
- to define the relationship between the areas of the biggest surface subsidence caused by the underground exploitation and regions of the concentration of the foci of the strongest tremors.

The analysis of the parameters of the geometry of faults in the region of the Main Anticline allowed for defining the criteria of the regional division and area distinction in which the faults are similar to ductile or brittle in the deformation period. A low ductility was ascribed to areas located in the southern wing of the Klodnica fault. In the region of the Main Anticline occur the areas of an average and high ductility. In the areas of low ductility one can currently expect a big number of low-energetic tremors. In the areas of higher ductility one should expect tremors of higher seismic energy. The implementation of the analysis into practice will allow for increasing the precision of seismic hazard prediction in Upper Silesian Coal Basin.

Cyclic measurements of deformation in the GPS static technology showed the existence of horizontal and vertical shifts. The measurements points were on the meridional line from Świerklaniec to Wry, in the areas of coal mine exploitation and beyond them. For the majority of points the horizontal shifts of various heights were observed, mainly in the north-south direction (the shift turn to the north or south). The very results correlate with the occurrence of alternate spheres of low and high susceptibility in the region of the main saddleback. It may prove the existence of tectonic stresses coming from the Karpaty side. The findings confirm the rese-

arch of the satellite radar In-SAR and PSIn-SAR interferometry.

The analysis of the focal mechanisms of tremors (the inversion of the tensor of the seismic moment and its decomposition) points to the occurrence of the phenomenon with shift on the strike-slip faults in some cases. It can be accounted for by the appearance of big horizontal, probably, tectonic stresses. Also a very big changeability of the state of stresses in the ground was proved. Thus, it seems that the mining exploitation introduces the rock mass into the unstable state with chaotic changes of main directions of the main tensor stresses. Sporadically, the state with a vertical orientation of indirect stresses (σ_1 and σ_3 horizontal constituent) appears. In such a case shifts occur whereas the σ_1 axis is meridionally directed. It may prove the existence of contemporary tectonic stresses. On the basis of a new modified method of a modeless distinction of the borderline energy of the distribution of energetic mining tremors the estimates of these values for particular areas in Upper Silesian Coal Basin were defined. The borderline energy defines the level above which the likelihood of the occurrence of the so called tectonic-exploitative tremors increases.

Within the scope of the research the migration directions of the foci of mining tremors were analysed. In the region of the Main Anticline, Bytom Syncline and Rybnik Coal District only one dominant migration direction W-E (70—80°) can be distinguished, which is in accordance with the main course of the fault system in Upper Silesian Coal Basin (in the approximation of the parallels to the borderline of the Karpaty thrust). But, in the Main Syncline the direction of the second-important azimuth (33°) is present.

A passive seismic topography, based on Bayes' technique, in a two-dimensional perspective with a re-localization of foci allowed for a reconstruction of the spacious distribution of velocity and connecting it to the distribution of the epicenter clusters. The first and most important group of tremors appears in the areas of a lowered velocity of seismic waves. The other two clusters are connected with the areas of an increased velocity. The last cluster was observed in the area of a strong gradient of the velocity of longitudinal waves,

which must have a lithological underlying and may appear to be important when explaining the origins of the strongest tremors in Upper-Silesian Coal Basin.

All the data obtained point to the necessity of taking into account the contribution of tectonic stresses to the origin of tremors, especially the strongest ones in the mining areas of the Upper Silesian Coal Basin. Due to

the fact that the very phenomena are not frequent and tectonic influences must be observed in long periods of time, the very studies are not easy and must be carried on systematically. From the cognitive point of view, the initiation of these studies and giving them the right direction is a success, which can be proved by the results gained within the scope of the project.

Генезис и характеристика сейсмической угрозы в Верхнесилезском угольном бассейне

Резюме

На протяжении уже многих лет актуальны спорные вопросы, касающиеся генезиса сильнейших толчков в Верхнесилезском угольном бассейне и их связей с тектоникой. Проведенные исследования имели своей целью выяснить соотношения между геологическим строением и наблюдаемыми сейсмическими явлениями. Цель проекта прежде всего заключалась в следующем:

- определить в районе Верхней Силезии зоны с повышенной сейсмической активностью, а также связь между сейсмическими явлениями и геологическим строением области исследований;
- указать направления тектонического давления на основании исследований фокального механизма толчков;
- выявить тип отношений, возникающих между областями самых крупных просадок поверхности, которые вызваны подземной эксплуатацией, и районами концентрации очагов самых сильных толчков.

Проведенный анализ параметров геометрии сбросов в районе антиклинали позволил определить критерии регионального подразделения и выделения территорий, где сбросы ведут себя податливо и хрупко, как в период деформаций горного массива. Небольшой податливостью отличались области, расположенные в южном крыле кладницкого сброса. В районе антиклинали находятся попеременно территории со средней и большой податливостью. На территории с малой податливостью в настоящее время можно ожидать большого числа низкоэнергетических толчков. На территории с более высокой податливостью следует ждать толчков с более высокими сейсмическими энергиями. Применение анализа на практике даст возможность увеличить точность сейсмического прогнозирования в Верхнесилезском угольном бассейне.

Циклические измерения деформаций в статической технологии GPS выявили существование горизонтальных и вертикальных перемещений. Точки замера были размещены на меридиональной линии от Сверклянца до Вырува, на эксплуа-

ционных территориях каменного угля, а также за их границами. Для большинства точек заметны были вертикальные перемещения с разными параметрами, появляющиеся главным образом по направлению север — юг (поворот перемещения на юг или север). Данные результаты соотносятся с попеременными зонами с низкой и высокой податливостью в районе антиклинали. Это может свидетельствовать о существовании тектонических напряжений, происходящих со стороны Карпат. Вышеприведенные результаты подтверждают исследования спутниковой радарной интерферометрии In-SAR, а также PSIn-SAR.

Анализ механизмов толчков в очаге (инверсия тензора сейсмического момента и его декомпозиция) указывает в ряде случаев на явления с перемещением на передвижном сбросе. Это можно объяснить только наличием высоких горизонтальных напряжений, предположительно тектонических. Обнаружена также большая изменчивость состояния напряжения в горном массиве. В связи с этим можно допустить, что горная эксплуатация приводит горный массив в нестабильное состояние (неустойчивого равновесия) с хаотическими изменениями главных направлений тензора напряжения. Время от времени появляется состояние с вертикальной ориентацией промежуточного напряжения (горизонтально составляющие σ_1 и σ_3). В таком случае наблюдаются передвижные перемещения, а ось σ_1 направлена на меридиан. Это может свидетельствовать о существовании современных тектонических напряжений. На основании нового, модифицированного метода безмодельного определения граничной энергии энергетического распределения горных толчков установлены оценки этих показателей для отдельных областей Верхнесилезского угольного бассейна. Граничная энергия определяет предел, выше которого увеличивается вероятность появления так наз. тектоническо-эксплуатационных толчков.

В рамках исследований были проанализированы направления миграций очагов горных толчков. В районе антиклинали, бытомской мульды и Ры-

бницкого угольного округа, выделяется только одно преобладающее направление миграции от -70° до -80° , что соответствует главному направлению сбросовой сети в Верхнесилезском угольном бассейне (в приближении параллельных границе карпатского надвита). В свою очередь, для главной мульды характерно также направление второго порядка с азимутом -33° .

Пассивная сейсмическая томография, опирающаяся на технику Байса, в двухмерном аспекте с релокализацией очагов толчков позволила воспроизвести пространственное распределение скорости и его связи с распределением групп эпицентров. Первая и самая важная группа толчков наблюдается в областях с пониженной скоростью сейсмических волн. Две другие соотносятся с областями с повышенной скоростью. Последняя обнаружена на территории сильного градиента скорости продоль-

ных волн, что должно иметь литологическое основание и может оказаться существенным при выяснении генезиса самых сильных толчков в Верхнесилезском угольном бассейне.

Таким образом, все полученные результаты указывают на необходимость учета тектонических напряжений в генезисе толчков, особенно самых сильных, на горных территориях Верхнесилезского угольного бассейна. Принимая во внимание тот факт, что данные явления не столь частотны, а за тектоническими влияниями следует наблюдать длительное время, эти исследования не относятся к легким; кроме того, они должны проводиться систематически. С познавательной точки зрения успешным необходимо признать начало этих исследований и придание им соответствующего направления, о чем могут свидетельствовать полученные в рамках проекта результаты.

Redaktor: Barbara Todos-Burny
Projektant okładki: Paulina Tomaszewska-Ciepty
Redaktor techniczny: Barbara Arenhövel
Korektor: Lidia Szumigala

Copyright © 2010 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336
ISBN 978-83-226-1933-9

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 12,0. Ark. wyd. 11,0. Papier offset.
kl. III, 90 g Cena 18 zł

Łamanie: Pracownia Składu Komputerowego
Wydawnictwa Uniwersytetu Śląskiego
Druk i oprawa: EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, Spółka Jawna
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

