

Nowe kierunki rozwoju systemów geofizycznych

Новые направления развития геофизических систем

W artykule dokonano przeglądu opracowywanych i rozwijanych w Zakładzie Systemów Geofizycznych Instytutu Techniki Innowacyjnych EMAG pod kierunkiem autora metod stosowanych w systemach geofizycznych do badania górotworu. Służą one do oceny zagrożenia tąpnięciami w kopalniach głębinowych oraz oceny zagrożeń powierzchni wywołanych eksploatacją górniczą.

В статье приводится обзор разрабатываемых и развиваемых в Отделе геофизических систем Института инновационной техники ЭМАГ, под руководством автора, методов применяемых в геофизических системах для исследования горного массива и предназначенных для оценки опасности по горным ударам в шахтах, а также для оценки опасности влияния горных разработок на поверхность.

1. WPROWADZENIE

Istotnym problemem dzisiejszej sejsmologii górniczej w Polsce jest ograniczenie jej zakresu obserwacji jedynie do wstrząsów nazywanych umownie jako o małej, średniej i dużej energii sejsmicznej. Najnowsze opracowania z cyfrowym systemem transmisji zapewniają rejestracje bardzo małych zjawisk (ARAMIS M/E) [1], [2], co w powiązaniu z rejestracjami systemu sejsmoakustycznego (ARES-5/E) umożliwia zwiększenie dokładności lokalizacji i stosowanie coraz bardziej wiarygodnych metod oceny zagrożenia tąpnięciami.

W skali krajowej i światowej rozwiązania systemów sejsmicznych i sejsmoakustycznych oferowane przez Zakład Systemów Geofizycznych Instytutu Techniki Innowacyjnych EMAG dedykowane kopalniom z zagrożeniem gazowym z powodu parametrów technicznych i możliwości funkcjonalnych nie mają konkurencji. System sejsmiczny SOS oferowany przez Główny Instytut Górnictwa [3] posiada porównywalne oprogramowanie geofizyczne do systemu

1. ВВЕДЕНИЕ

Существенной проблемой сегодняшней горной сеисмологии в Польше является ограничение наблюдений только до толчков, условно называемых толчками с малой, средней и большой сейсмической энергией. Новейшие разработки с цифровой системой передачи обеспечивают регистрацию очень малых явлений (ARAMIS M/E) [1], [2], что вместе с регистрацией с помощью сейсмоакустической системы (ARES-5/E) позволяет увеличить точность локализации и применять все более достоверные методы оценки опасности по горным ударам.

Решения сейсмических и сейсмоакустических систем, предлагаемые Отделом геофизических систем Института инновационной техники ЭМАГ, предназначенные для шахт опасных по газу, по своим техническим параметрам и функциональным возможностям не имеют конкурентов в отечественном и мировом масштабе. Сейсмическая система SOS, предлагаемая Главным институтом горного дела [3] имеет сравнимое с системой ARAMIS M/E

ARAMIS M/E, lecz ustępuje mu w następującym zakresie:

- zdecydowanie zbyt małą dynamiką i przestarzałą transmisją analogową sygnałów, która nie pozwala dobrze rejestrować małych i dużych wstrząsów bez zakłóceń (w tym o częstotliwościach sieci),
- możliwościami funkcjonalnymi nie pozwalającymi stosować sejsmometrów jak i też różnych innych czujników niskoczęstotliwościowych,
- z powodu braku możliwości znakowania rejestrowanych próbek sygnału precyzyjnie czasem i integrowania zapisów sejsmicznych pochodzących z różnych systemów,
- z powodu braku możliwości przesyłania po jednym przewodzie teletechnicznym do 3 składowych sygnału oraz zdalnego sterowania wzmocnieniem,

Z kolei rozwiązania firmy ISSI Limited South Africa [4] wyposażone w dobre oprogramowane do interpretacji i wizualizacji zjawisk ustępują naszym systemom w następującym zakresie:

- nieprofesjonalnym wykonaniem części dołowej,
- brakiem centralnego iskrobezpiecznego zasilania przy długich liniach teletransmisyjnych.

Oferowane przez Zakład Systemów Geofizycznych Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG systemy geofizyczne stanowią kompleksową ofertę zabezpieczającą potrzeby rejestracji zjawisk na dole i powierzchni zakładów górniczych. Oferta obejmuje również pionierskie w świecie najnowsze rozwiązania GEOTOMO/E [5]. Drugim nowoczesnym rozwiązaniem jest przenośna iskrobezpieczna aparatura sejsmiczna PASAT M. Aparatura została nagrodzona Srebrnym Medalem w konkursie „Brussels Eureka” towarzyszącym 58 Targom „BRUSSELS INNOVA 2009” oraz Złotym Medalem 109 edycji Międzynarodowych Targów Wynalazczości „Concours–Lepine” w 2010 roku w Paryżu.

Przyjęta koncepcja integracji zapisów oraz kompleksowej oceny zagrożeń, przemysłowe wykonanie oraz różnorodny menu (angielska, chińska, rosyjska) stanowią silną kartę przetargową, o czym najlepiej świadczą osiągnięte już sukcesy na rynku chińskim, rosyjskim i ukraińskim oraz potencjalne dalsze możliwości eksportu.

геофизическое программное обеспечение, однако уступает ей по следующим причинам:

- обладает слишком малой динамикой устаревшей аналоговой передачей сигналов, которая не позволяет правильно регистрировать малые и большие толчки без помех (в том числе сетевой частотой);
- функциональные возможности не позволяют применять сейсмометры и другие низкочастотные датчики;
- отсутствие возможности точно маркировать по времени регистрируемые пробы сигнала и интегрировать сейсмические записи, происходящие от разных систем;
- отсутствие возможности передавать одним кабелем связи трех составляющих сигнала и дистанционно управлять усилением.

В свою очередь, решения фирмы ISSI Limited South Africa [4], оснащенные хорошим программным обеспечением для интерпретации и визуализации явлений, уступают нашим системам ввиду:

- непрофессионального исполнения подземной части;
- отсутствия центрального искробезопасного питания при длинных линиях связи.

Предлагаемые Отделом геофизических систем Института инновационной техники ЭМАГ геофизические системы представляют собой комплексное решение, обеспечивающее потребности относительно регистрации явлений в подземной части и на поверхности горных предприятий. Предложение охватывает также пионерские в мире, новейшие решения GEOTOMO/E [5]. Вторым современным решением является переносная искробезопасная сейсмическая аппаратура PASAT M. Аппаратура получила серебряную медаль на конкурсе „Brussels Eureka”, проходившем параллельно 58 Ярмарке „BRUSSELS INNOVA 2009”, а также золотой медалью на 109 Международной ярмарке изобретений „Concours–Lepine” в 2010 г. в Париже.

Принятая концепция интеграции записей, комплексной оценки опасности, промышленное исполнение, а также разработанные на разных языках версии меню (английская, китайская, русская), являются мощным аргументом, о чем свидетельствуют успехи, достигнутые уже на китайском, российском и украинском рынках, а также дальнейшие потенциальные возможности экспорта.

2. ROZWIJANE METODY POMIAROWE DO ANALIZY STANU GÓROTWORU W ZAKŁADZIE SYSTEMÓW GEOFIZYCZNYCH INSTYTUTU TECHNIK INNOWACYJNYCH EMAG

Do analizy stanu górotworu rozwijane są:

- bierne metody sejsmoakustyki i sejsmiki górnicy polegające na odpowiedniej rejestracji emisji drgań wywołanych procesami pęknięcia na skutek prowadzonej eksploatacji górnicy,
- metody analizy statystycznej emisji sejsmicznej wywołanej pękaniem górotworu poprzedzającym wystąpienie wstrząsów w warunkach kopalń węgla kamiennego i zakładów górnicych rud miedzi. Stosuje się je w celu opisu tych procesów w formie modeli oraz ich weryfikacji i poszukiwania prekursorów zjawisk wysokoenerygetycznych. Identyfikacja ma na celu poszukiwanie odstępstw od standardowej emisji górotworu. Dokonuje się jej na podstawie badań rozkładów statystycznych określonych cech tej emisji (rozmiary zjawisk charakteryzowane parametrami widma, odstępów między zjawiskami, energią zjawisk odniesioną do źródeł, współczynników skośności widm),
- aktywne metody kontroli zmian naprężeń górotworu z wykorzystaniem:
 - prześwietlania sejsmiczne wzbudzone impulsatorem mechanicznym lub małymi ładunkami wybuchowymi (PASAT M),
 - prześwietlania sejsmiczne pokładu i stropu wzbudzone przez pracujący organ urabiający kombajnu (GEOTOMO/E),
- pasywne metody zmian naprężeń górotworu z wykorzystaniem:
 - prześwietlania sejsmiczne wzbudzone zjawiskami naturalnymi,
- laboratoryjne metody badania wysokoczęstotliwościowej emisji akustycznej i deformacji próbek skalnych pochodzących ze stropu wyrobisk górnicych poddawanych ścisaniu z wykorzystaniem sztywnych pras hydraulicznych. Badania prowadzone są w celu poszukiwania w skali mikroprekursorów procesów destrukcji skały z wykorzystaniem najnowszej generacji aparatury do analizy drgań firmy Bruel & Kjaer typu PULSE, zapoczątkowane pracą [6].

2. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА, РАЗВИВАЕМЫЕ В ОТДЕЛЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИНСТИТУТА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ЭМАГ

Отделом геофизических систем ИИТ ЭМАГ развиваются следующие методы, применяемые для анализа состояния горного массива:

- пассивные методы сейсмоакустики и горной сейсмике, заключающиеся в соответствующей записи колебаний, вызванных процессами трещинообразования, возникающего вследствие горных разработок;
- методы статистического анализа сейсмической эмиссии, вызванной происходящем в горном массиве трещинообразованием, предшествующем возникновению толчков, в условиях угольных шахт и медных рудников. Применяются для описания этих процессов в виде моделей и их проверки, а также поиска предвестников высокоэнергетических явлений. Их идентификация имеет целью поиск отклонений от стандартной эмиссии горного массива. Проводится на основе исследования статистического распределения определенных свойств этой эмиссии (размеры явления, определяемые параметрами спектра, промежутками между явлениями, энергией явлений, приведенной к источникам, коэффициентами асимметрии спектра);
- активные методы контроля изменений напряженности горного массива, с использованием:
 - сейсмического просвечивания, возбуждаемого механическим импульсатором или малыми взрывными зарядами (PASAT M);
 - сейсмического просвечивания кровли и почвы, возбуждаемого работающим выемочным органом комбайна (GEOTOMO/E);
- пассивные методы исследования изменений напряжений в горном массиве, при использовании:
 - сейсмического просвечивания, возбуждаемого натуральными явлениями;
- лабораторные методы исследования высококачественной звуковой эмиссии и деформации скальных образцов, происходящих из кровли горных выработок, подвергаемых сжатию с применением жестких гидравлических прессов. Исследования, проводимые с целью поиска в микромасштабе предвестников процессов деструкции пород, при использовании для анализа колебаний новейшей аппаратуры фирмы Bruel & Kjaer типа PULSE, были начаты в работе [6].

Do badania deformacji powierzchni rozwijane są:

- metoda techniki satelitarnej GPS [7],
- metoda interferometrii satelitarnej [8].

Tematyka prac naukowo-badawczych realizowana od kilkudziesięciu lat w Zakładzie Systemów Geofizycznych Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG przy współudziale AGH, GIG wiąże się w następującym zakresie badań podstawowych:

- opracowywaniem nowych czujników i sond do rejestracji drgań górotworu oraz optymalnych ze względu na parametry metrologiczne sposobów ich mocowania w górotworze, w tym w długich otworach stropowych,
- analizą emisji sejsmicznej górotworu w stanach zwiększonych naprężeń w celu identyfikacji jej parametrów i poszukiwania prekursorów wstrząsów wysokoenergetycznych,
- opracowywaniem nowych metod kondycjonowania, przetwarzania sygnałów sejsmicznych z odpowiednią dynamiką, wykrywania zjawisk, ich rejestracji, archiwizacji, wizualizacji oraz analizy w celu wykrywania zagrożeń naturalnych, takich jak: tąpnięć lub zagrożeń skojarzonych tąpnięć i towarzyszący im wyrzutów metanu,

W zakresie ochrony powierzchni przed skutkami eksploatacji górnicy wiąże się z:

- opracowywaniem nowych metod oceny szkodliwego oddziaływania wstrząsów górniczych na infrastrukturę kopalni i zabudowy powierzchni,
- opracowywaniem systemów o rozproszonej strukturze pomiarowej ze zdalnym przekazywaniem danych drogą radiową przeznaczonych do monitorowania przyspieszeń drgań powierzchni,
- opracowywaniem systemu do kontroli deformacji powierzchni z użyciem satelitarnego systemu pozycjonowania GPS i metod umożliwiających zwiększenie dokładności w celu rozszerzenia możliwości funkcjonalnych opracowanego systemu do monitorowania przyspieszeń drgań powierzchni (projekt europejski PRESIDENCE realizowany w ramach fundacji Coal & Steel,
- badaniem oddziaływania eksploatacji górnicy na powierzchnię,
- oceną szkodliwości drgań na zabudowę powierzchni,
- prognozowaniem zagrożeń powierzchni wystąpieniem drgań wywołanych wysokoenergetycznymi wstrząsami górniczymi w oparciu o obserwacje drgań na powierzchni oraz aktywności sejsmicznej kopalni,
- badaniem struktury oddziaływań na powierzchnię dynamicznych skutków prowadzonej eksploatacji górnicy w zakresie:

Для исследования деформаций поверхности развиваются методы:

- спутниковый метод с применением GPS [7];
- метод спутниковой интерферометрии [8].

Тематика научно-исследовательских работ, реализуемая уже несколько десятков лет Отделом геофизических систем Института инновационной техники ЭМАГ, при соучастии Горно-металлургической академии и Главного института горного дела, охватывает:

- разработку новых датчиков и зондов для регистрации колебаний горного массива, а также оптимальных, с точки зрения метрологических параметров, способов их крепления в горном массиве, в том числе в длинных шпурах в кровле выработки;
- анализ сейсмической эмиссии горного массива в состоянии повышенных напряжений, с целью идентификации параметров этой эмиссии и поиска предвестников высокоэнергетических толчков;
- разработку новых методов кондиционирования и обработки сейсмических сигналов с соответствующей динамикой, обнаружения явлений, их регистрации, архивации, визуализации и анализа, с целью обнаружения натуральных опасностей, как удароопасности или совмещенных опасностей – по горным ударам и сопутствующим им выбросам метана.

В области защиты поверхности от последствий горных разработок:

- разработка новых методов оценки вредного воздействия горных толчков на инфраструктуру шахт и застройку поверхности;
- разработка систем с рассредоточенной структурой измерений, с дистанционной передачей по радиосвязи данных, предназначенных для мониторинга ускорений колебаний поверхности;
- разработку системы для контроля деформации поверхности, с применением спутниковой системы позиционирования GPS и методов, обеспечивающих повышение точности, с целью расширения функциональных возможностей разрабатываемой системы мониторинга ускорений колебаний поверхности (европейский проект PRESIDENCE, реализуемый в рамках фонда Coal & Steel;
- исследование воздействия горных разработок на поверхность;
- оценка вредности воздействия колебаний на застройку поверхности;
- прогнозирование опасностей на поверхности вследствие возникновения колебаний вызванных высокоэнергетическими горными толчками, на основе наблюдения за колебаниями на поверхности и сейсмической активности шахты;
- исследование структуры воздействия на поверхность динамических последствий проводимой горной разработки, в области:

- drgań wywoływanych niesprężystym odkształceniem górotworu,
 - deformacji wywołanych osiadaniem skał,
- opracowaniem metod nadzoru i kontroli skutków powstałych po zakończonej eksploatacji górniczej w zakresie:
- tworzenia niecek,
 - stabilności zbiorników, zapór wodnych oraz obwałowań rzek.

W zakresie oceny i prognozowania zagrożeń w kopalniach prace badawcze dotyczą:

- iskrobezpiecznych systemów pomiarowych przeznaczonych do kontroli drgań górotworu.
- rozpoznawania procesów pękania skał stropowych w aspekcie oceny zagrożenia tąpnięciami,
- opracowywania nowych metod oceny zagrożenia zjawiskami dynamicznymi w stropie, w tym lokalizacji i grupowania ognisk zjawisk mikrosejsmicznych [9] oraz doskonalenia miary zagrożenia,
- wdrażania nowych metod lokalizacji zjawisk sejsmicznych z wykorzystaniem rejestracji jedno- i wieloskładowych oraz określania ich energii,
- systemów pomiarowych przeznaczonych do kontroli deformacji otworów wiertniczych wywołanych naprężeniami,
- iskrobezpiecznych przenośnych aparatów sejsmicznych przeznaczonych do kontroli zmian naprężeń metodami aktywnymi,
- iskrobezpiecznych systemów przeznaczonych do bieżącej kontroli zmian naprężeń w stropie i pokładzie w rejonie ściany wydobywczej,
- opracowywania nowych metod kontroli i analizy zmian naprężeń w rejonie przed frontem ściany z wykorzystaniem do sejsmicznego prześwietlania górotworu wzbudzanego przez pracujący kombajn,
- systemów przeznaczonych do pomiaru przyspieszeń drgań występujących w różnych poziomach obudowy szybowej wywoływanych wstrząsami górniczymi w celu oceny ich szkodliwości na jej konstrukcję oraz planowania działań profilaktycznych,
- opracowywania nowych nieniszczących metod oceny stanu zamocowania kotew,
- integracji sieci pomiarowych: dołowych sejsmoakustycznych i sejsmicznych z sejsmicznymi sieciami powierzchniowymi dla zwiększenia dokładności lokalizacji źródeł zjawisk (udokładnienia składowej Z),
- integracji pomiarowych sieci kopalnianych w celu zamknięcia sieci pomiarowych w rejonach położonych w granicy sąsiadujących kopalń,

- kolebаний, вызванных неупругими деформациями горного массива;
 - деформаций, вызванных оседанием скальных пород;
- разработка методов надзора и контроля за последствиями завершённых горных разработок в области:
- образования мульд оседания;
 - устойчивости водоемов, плотин и обвалования рек.

В области оценки и прогнозирования опасностей в шахтах исследовательские работы касаются:

- искробезопасных измерительных систем, предназначенных для контроля колебаний горного массива;
- обнаружения процессов трещинообразования скальных пород в кровле, в аспекте оценки опасности по горным ударам;
- разработки новых методов оценки опасности возникновения динамических явлений в кровле, в том числе локализации и группирования очагов микросейсмических явлений [9], а также уточнения размера опасности;
- внедрения новых методов локализации сейсмических явлений, с использованием регистрации одной и нескольких составляющих и определения их энергии;
- измерительных систем, предназначенных для контроля деформации скважин, вызванных напряжениями;
- искробезопасной переносной сейсмической аппаратуры, предназначенной для контроля изменений напряжений активными методами;
- искробезопасных систем, предназначенных для текущего контроля изменений напряжений в кровле и в пласте на участке очистной лавы;
- разработки новых методов контроля и анализа изменений напряжений на участке впереди забоя лавы, с использованием для сейсмического просвечивания горного массива, с возбуждением от работающего комбайна;
- систем, предназначенных для измерения ускорений колебаний, возникающих на разных горизонтах стволовой крепи, вызванных горными толчками, для оценки их вредного воздействия на ее конструкцию и для планирования профилактических мер;
- разработки новых, неразрушающих, методов оценки состояния заделки анкеров;
- интеграции измерительных сетей: подземных сейсмоакустических и сейсмических с сейсмическими сетями на поверхности, с целью повышения точности локализации источников явлений (уточнение составляющей Z);
- интеграции шахтных измерительных сетей с целью замыкания измерительных сетей на участках расположенных на границе соседних шахт;

– tworzenia i analizy baz danych zawierających wielkości opisujące zjawiska zachodzące w górotworze oraz dane charakteryzujące procesy technologiczne związane z urabianiem i sterowaniem podpornością obudowy w celu poszukiwania wzajemnych korelacji i wypracowania algorytmów optymalnego sterowania zmierzającego do zmniejszenia energochłonności przy zachowaniu lub poprawie stanu bezpieczeństwa.

3. PODSUMOWANIE

Opis stosowanych i rozwijanych w Zakładzie Systemów Geofizycznych Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG metod geofizycznych do oceny stanu górotworu upoważnia do ich pozytywnej oceny. Świadczy o tym duża skuteczność dotychczasowych działań w tym zakresie, potwierdzona liczbą dotychczasowych wdrożeń w kraju i zagranicą oraz publikacjami w prestiżowych czasopismach zagranicznych.

Literatura

1. *Isakow Z.*: Safecomine intrinsically safe system for monitoring of hazards in mines related to disturbance of the strata and environment equilibrium. In: Proceedings of seventh international symposium on rockburst and seismicity in mines Dalian, China (2009), pp: 1045 – 1056.
2. *Isakow Z., Krzystanek Z., Trenczek S., Wojtas P.*: Gas and rock – bump hazard monitoring in the Polish mining. Journal of Coal Science and Engineering (China) vol 15, no 3 (2009), pp: 229 – 232.
3. *Dubiński J., Pilecki Z., Zuberek W.*: Badania geofizyczne w kopalniach. Wydawnictwo Sigmie PAN Kraków 2001.
4. *Lynch, R.A.; Wuite, R.; Smith, B.S. and Cichowicz, A.* (2005): Microseismic monitoring of open pit slopes. In: Proceedings of the 6th symposium on rockburst and seismicity in mines, Perth, Australia, pp: 581-592.
5. *Isakow Z.*: Geo – tomography with the help of a cutter – loader working organ as a source of imaging waves. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 46 (2009), pp: 1235 -1242.
6. *Isakow Z.*: Nowa metoda identyfikacji w warunkach laboratoryjnych parametrów emisji sejsmoakustycznej próbek skał stropowych poddawanych naprężeniom. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 2002, nr 5.
7. *Kuciara I., Isakow Z.*: Nowe technologie teledetekcyjne w systemie do monitorowania deformacji i osiadania powierzchni na terenach pogórnich. Transport przemysłowy 2004, nr 4(18).
8. *Mirek K., Isakow Z.* : Preliminary analysis of InSAR data from south – west part of Upper Silesian Coal Basin. Mineral Resources Management vol 25, issue 3 (2009), pp: 239 -246.
9. *Leśniak, Isakow Z.*: Space- time clustering of seismic events and hazard assessment in the Zabrze – Bielszowice coal mine, Poland. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 46 (2009), pp: 918 -928.

Recenzent: dr hab. inż. Bogdan Cianciara

NEW DIRECTIONS OF GEOPHYSICAL SYSTEMS DEVELOPMENT

The article features an overview of methods used in geophysical systems developed in the Geophysics Department of EMAG. The systems are used to monitor rock-burst hazards in deep mines and hazards on the surface caused by mining operations.

– создания и анализа баз данных, содержащих величины, описывающие происходящие в горном массиве явления и данные, характеризующие технологические процессы, связанные с выемкой угля и управлением сопротивлением крепи, с целью поиска взаимных зависимостей и определения алгоритмов оптимального управления, направленных на уменьшение энергоемкости при сохранении или улучшения состояния безопасности.

3. РЕЗЮМЕ

Описание применяемых и развиваемых Отделом геофизических систем Института инновационной техники ЭМАГ геофизических методов оценки состояния горного массива позволяет дать им положительную оценку. Свидетельствует об этом большая эффективность предпринимаемых действий, подтвержденная числом осуществленных до сих пор внедрений внутри страны и за границей, а также публикациями в престижных иностранных журналах.

Literatura

1. *Isakow Z.*: Safecomine intrinsically safe system for monitoring of hazards in mines related to disturbance of the strata and environment equilibrium. In: Proceedings of seventh international symposium on rockburst and seismicity in mines Dalian, China (2009), pp: 1045 – 1056.
2. *Isakow Z., Krzystanek Z., Trenczek S., Wojtas P.*: Gas and rock – bump hazard monitoring in the Polish mining. Journal of Coal Science and Engineering (China) vol 15, no 3 (2009), pp: 229 – 232.
3. *Dubiński J., Pilecki Z., Zuberek W.*: Badania geofizyczne w kopalniach. Wydawnictwo Sigmie PAN Kraków 2001.
4. *Lynch, R.A.; Wuite, R.; Smith, B.S. and Cichowicz, A.* (2005): Microseismic monitoring of open pit slopes. In: Proceedings of the 6th symposium on rockburst and seismicity in mines, Perth, Australia, pp: 581-592.
5. *Isakow Z.*: Geo – tomography with the help of a cutter – loader working organ as a source of imaging waves. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 46 (2009), pp: 1235 -1242.
6. *Isakow Z.*: Nowa metoda identyfikacji w warunkach laboratoryjnych parametrów emisji sejsmoakustycznej próbek skał stropowych poddawanych naprężeniom. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 2002, nr 5.
7. *Kuciara I., Isakow Z.*: Nowe technologie teledetekcyjne w systemie do monitorowania deformacji i osiadania powierzchni na terenach pogórnich. Transport przemysłowy 2004, nr 4(18).
8. *Mirek K., Isakow Z.* : Preliminary analysis of InSAR data from south – west part of Upper Silesian Coal Basin. Mineral Resources Management vol 25, issue 3 (2009), pp: 239 -246.
9. *Leśniak, Isakow Z.*: Space- time clustering of seismic events and hazard assessment in the Zabrze – Bielszowice coal mine, Poland. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 46 (2009), pp: 918 -928.