

Aleksander STOPIŃSKI, Jerzy STEIN, Konstanty CZEPULIS

Zastosowanie pomiarów mikrograwimetrycznych dla potrzeb otworowej eksploatacji siarki

W artykule omówiono częściowe wyniki badań eksperymentalnych, prowadzonych od pewnego czasu przez Zakład Geofizyki Geologicznej Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UW, które dotyczą zastosowań pomiarów grawimetrycznych dla potrzeb otworowej eksploatacji siarki. Metoda podziemnego wytopu siarki, pomimo szerokiego zastosowania w Polsce i bardzo dobrych niejednokrotnie wyników eksploatacyjnych, znajduje się jeszcze na etapie wdrożenia. Jest jeszcze wiele zagadnień wymagających poznania i wyjaśnienia, aby metodę tę uczynić bardziej ekonomiczną. Jednym z nich jest poznanie sposobów, które pozwolą na takie gospodarowanie, aby podczas eksploatacji złoża możliwe było uzyskanie największej ilości siarki. Celowe jest więc wprowadzenie możliwie prostych metod pomiarowych naziemnych, które pozwoliłyby określić stopień szcerpania siarki z poszczególnych rejonów złoża. Miałoby to duże znaczenie dla właściwego rozmieszczenia wierceń eksploatacyjnych, dla czasu eksploatacji, a także wyznaczania rejonów reeksploatacji.

W 1967 r. prof. dr St. Pawłowski, ówczesny kierownik Katedry Geofizyki Geologicznej UW, wysunął myśl, aby w celu rozwiązania wyżej omówionego zagadnienia wykorzystać badania grawimetryczne. Po nawiązaniu współpracy z odpowiednimi jednostkami gospodarczymi, w 1968 r. przystąpiono do eksperymentalnych badań na wytypowanych polach eksploatacyjnych. Badania terenowe prowadzono według specjalnego programu opracowanego przez autorów. Zastosowanie odpowiedniego programu badań terenowych było konieczne ze względu na specyfikę tematu oraz spodziewane bardzo małe wartości anomalii Δg . Tego rodzaju prace pomiarowe, zgodnie z przyjętym już nazewnictwem (Z. Fajkiewicz, W. Duda, 1964), noszą miano prac mikrograwimetrycznych. Z. Fajkiewicz pierwszy w Polsce wprowadził i zastosował precyzyjne pomiary grawimetryczne dla potrzeb górnictwa węglowego, w których wyniku uzyskano szereg bardzo cennych informacji dotyczących prawidłowego prowadzenia prac górniczych.

Badania mikrograwimetryczne wykonywane są w celu zbadania przydatności metody grawimetrycznej dla takich problemów otworowego górnictwa siarkowego jak: dokładne określenie miejsc wytopu siarki oraz ewentualne rozpoznanie stopnia wydobycia z poszczególnych partii złoża.

Podstawą zastosowania pomiarów mikrogravimetrycznych jest ubytek masy w tej części złoża, z której wytopiona została siarka. W celu otrzymania odpowiedzi na oba pytania związane z dokładnym rozpoznaniem eksploatacji wykonuje się pomiary polowe w dwóch terminach: w pierwszym terminie na terenach przyszłej eksploatacji, w których wyniku otrzymuje się obraz anomalii grawimetrycznych, w drugim — na tych samych terenach po częściowym lub całkowitym wyeksploatowaniu złoża. W miejscach wytopienia odpowiedniej ilości siarki powinno się otrzymać anomalie ujemne w stosunku do wartości anomalii przed eksploatacją. Tego rodzaju metoda pomiarów warunkuje powodzenie przyszłej interpretacji wyników. Stwierdzenie ujemnych anomalii w drugim etapie pomiarów w stosunku do wyników pomiarów etapu pierwszego można interpretować jako wynik ubytku masy, spowodowany wydobyciem siarki.

Przed przystąpieniem do prac terenowych wykonano obliczenia teoretyczne w celu otrzymania odpowiedzi co do wielkości anomalii, które będzie można otrzymać w wyniku eksploatacji. Do obliczeń przyjęto odpowiednie modele, którym przypisano założone lub znane już parametry. Niektóre z tych parametrów są pewne z powodu bardzo dobrego rozpoznania geologicznego badanego terenu. Chodzi tu głównie o głębokość zalegania ciała zakłócającego oraz jego masę. Do obliczeń przyjęto różne warianty modelowe ze względu na zróżnicowanie tematu badań oraz różne charakterystyki geologiczne. W tym celu obliczono efekty grawitacyjne dla krążka poziomego i stopnia pionowego. Pierwszy z tych modeli określał wielkość anomalii w centrum pola eksploatacyjnego, a drugi charakteryzował amplitudę anomalii na brzegach tego pola. W wyniku obliczeń okazało się, że w sprzyjających warunkach mogą powstać mieralne anomalie.

Dane uzyskane ze wstępnych rachunków modelowych wykazały bardzo małe wartości spodziewanych anomalii, układały się one jednak w granicach dokładności pracy obecnie używanych grawimetrów. Dla niektórych pól górniczych, o dużym wydobywaniu siarki, odpowiednie obliczenia modelowe dały wartości anomalii Δg dwu- lub trzykrotnie większe od dokładności pracy instrumentu. Konkretnie wartości te układały się w granicach od 0,04 do 0,06 mgl. Przy omawianym szacowaniu wartości mierzonych anomalii Δg brano, oczywiście, pod uwagę dane geologiczne i wielkości wydobywania. Zdaniem autorów przy tego rodzaju eksploatacji wewnątrz serii złożowej zachodzą również procesy zmieniające serię złożową. Przepływ pod dużym ciśnieniem tysięcy metrów sześciennych gorącej wody musi powodować znaczne rozluźnienie serii złożowej — ubytki i pewne przeobrażenia masy ilastej, marglistej i wapiennej budującej serię złożową. Jak wykazały wcześniejsze badania radiometryczne w otworach wydobywczych na polach górniczych można wyodrębnić uprzywilejowane kierunki przepływu tłoczonych wody do otworów. Być może, tą drogą odprowadzane są np. frakcje ilaste poza obręb aktualnie eksploatowanych otworów.

Kontrolne otwory wiertnicze, tak zwane bisowe, które odwiercone zostały na wyeksploatowanych polach, wykazują duże zmiany serii złożowej w porównaniu ze stanem pierwotnym. Profile geologiczne serii złożowej z tych otworów wykazują duże zmiany skał pod wpływem gorącej wody, znaczne ich rozluźnienie, zlasowanie, oraz obecność licznych ka-

wern o wielometrowej średnicy. Takie wielometrowe partie rozluźnionego szkieletu skalnego aparat wiertniczy zwierca w ciągu 2—3 minut. Podstawą zastosowania pomiarów mikrograwimetrycznych jest więc nie tylko ubytek masy siarki, lecz również zmiany zachodzące w serii złożowej pod wpływem eksploatacji.

Dwukrotny cykl pomiarów został zaprojektowany na wielu polach górniczych i w chwili obecnej wykonane są już pomiary przed eksploatacją. Cykl ten został zakończony i opracowany jedynie w przypadku jednego, odosobnionego otworu wydobywczego. Chodziło tu o możliwość określenia zasięgu szczypania siarki z pojedynczego otworu eksploatacyjnego. Wyniki tych pomiarów zostaną przedstawione w dalszej części artykułu.

Na terenach pól górniczych prowadzono również prace zmierzające do zbadania celowości zastosowania jednorazowych pomiarów mikrograwimetrycznych nad partiami złoża w znacznym już stopniu wyeksploatowanymi. Pomiary wstępne na tych obszarach były już niemożliwe ze względu na wcześniejsze rozpoczęcie eksploatacji. Zadaniem tych prac było ewentualne wyznaczenie granicy szczypania poza granicami pól górniczych, jak i określenie stopnia szczypania wewnątrz pola. W celu rozwiązania tego zagadnienia wykonano pomiary na przekrojach grawimetrycznych, które przebiegają zarówno przez rejon wyeksploatowany, jak i rejon nie eksploatowany. Zgodnie z założeniami nad partiami wyeksploatowanymi powinno się otrzymać względne minima anomalii grawimetrycznych, z powodów już wyżej opisanych. Partie nie eksploatowane, np. części złoża leżące poza ostatnimi otworami eksploatacyjnymi, powinny się charakteryzować podwyższonymi wartościami anomalii. Na kilku równoległych profilach możliwe jest więc wyznaczenie granicy szczypania siarki na zewnątrz pola, poza linią ostatnich otworów eksploatacyjnych.

Jednokrotny system pomiarów kryje jednak w sobie niebezpieczeństwo mylnej interpretacji wyników. Niektóre względne minima czy też maksima anomalii występujące na wykresie Δg mogą być bowiem wywołane nie procesami górniczymi, lecz czynnikami geologicznymi. W związku z dużą liczbą otworów eksploatacyjnych pewne fragmenty przekroju geologicznego, odpowiadające wykresom anomalii Δg , są bardzo dobrze znane. Dotyczy to głównie serii złożowej, która reprezentuje pakiet warstw o średnim ciężarze objętościowym około $2,4 \text{ g/cm}^3$, większym o około $0,4 \text{ g/cm}^3$ w porównaniu z warstwami niżej i wyżej leżącymi. Porównując szereg przekrojów geologicznych z wykresami anomalii Δg , nie zauważono zależności między kształtem krzywej Δg a deniwelacjami stropu serii złożowej. Duże niebezpieczeństwo nieprawidłowej interpretacji kryje się w ewentualnym różnicowaniu pod względem ciężaru objętościowego nadkładu serii złożowej, który przewiercany jest systemem bezrdzeniowym. Ponieważ jednak miąższości utworów czwartorzędowych są niewielkie, rzędu kilku metrów, a resztę utworów nadkładu stanowi raczej jednolity typ osadów, zdecydowano się w 1968 r. wykonać w jednej z kopalń eksperymentalne prace polowe systemem jednokrotnych pomiarów. Do badań wytypowano odpowiedni obszar, w którym (zgodnie z danymi) nastąpiła maksymalna eksploatacja siarki. Wyniki pomiarów były pozytywne, zgodne z danymi uzyskanymi z wierceń kontrolnych. Fakt ten zadecydował, że na obszarze tym kontynuowano prace pomiarowe w 1969 r.

w celu sprawdzenia poprzednich wyników i rozszerzenia zakresu badań. Ten system pomiarów przeprowadzono również na nowych obiektach. Omówienie wyników tych pomiarów na przykładzie jednego z obiektów zostanie przedstawione w dalszej części artykułu.

ZARYS GEOLOGII REJONÓW BADAŃ

Prace geofizyczne wykonywane są na terenach dwóch kopalń siarki, które w dalszym ciągu autorzy będą nazywali kopalniami A i B.

W rejonie kopalni A najstarszymi utworami są osady eokambru (S. Pawłowski, 1962, 1965) stanowiące podłoże młodszych osadów mezozoicznych, wyżej leżą utwory triasu i jury. Trias jest reprezentowany przez pstry piaskowiec (seria pstra, piaszczysto-ilasta), ret i wapień muszlowy (osady węglanowe) oraz kajper (osady mułowcowo-piaszczyste podrzędnie z wkładkami skał węglanowych). W skład utworów jurajskich (lias) wchodzi piaskowce, mułowce i iłowce. Osady miocenu w okolicach kopalni A leżą bezpośrednio, z luką stratygraficzną i dyskordancją kątową, na utworach triasowo-jurajskich.

Na obszarze kopalni B w podłożu osadów mezozoicznych występują, ogólnie biorąc, osady najstarszego kambru. Są to osady mułowcowo-piaszczyste, bezwapienne, szaropopielate, przeważnie bez szczątków organicznych, silnie tektonicznie zaburzone. Przed transgresją mioceniską powierzchnia utworów kambryjskich uległa zerodowaniu i penepłenizacji. Na podłożu staropaleozoicznym osady miocenu leżą niezgodnie, z dużą luką i dyskordancją kątową.

Osady mioceniskie na obu obszarach są wykształcone na ogół bardzo podobnie (K. Pawłowska, 1965). W rejonie kopalni A w spągu tortonu występują piaski, mułowce piaszczyste i ilaste tzw. warstw podlitotamniowych o ograniczonym, lokalnym zasięgu. Wyżej leżą wapień litotamniowe również nie wszędzie obserwowane. Najszersze rozprzestrzenienia mają baranowskie mułowce piaszczyste i wapieniste.

Najstarsze utwory mioceniskie są nieco inaczej wykształcone w rejonie kopalni B. Bezpośrednio na kambrze spoczywają dolnotortońskie piaszczyste warstwy baranowskie z facjalnymi odmianami osadów burowęglowych oraz wapienno-piaszczystych utworów litotamniowych. Nad warstwami baranowskimi występują osady chemiczne wykształcone podobnie na obu omawianych obszarach. W skład tych osadów wchodzi wapień pogipsowe — osiarkowane i płonne, margle — osiarkowane i płonne oraz gipsy. Wapień wykazują duże zróżnicowanie zarówno pod względem zawartości węglanu wapnia, spoistości, procentowej zawartości siarki i sposobu rozmieszczenia jej w skale. Gipsy obserwuje się głównie w rejonie kopalni A, gdzie przechodzą one poziomo w różnorodne typy litologiczne wapieni pogipsowych. Strop warstw tortońskich tworzą margle ilaste z wkładkami margli wapienistych oraz liczną fauną, są to tzw. warstwy pektenowe. Wyżej leżą ilasto-margliste osady sarmatu z nie-liczną fauną. Bezpośrednio na sarmacie leżą utwory czwartorzędowe. Są to głównie plejstoceńskie osady akumulacji rzeczno-lodowcowej oraz holceńskie piaski wydymowe, pyły oraz utwory piaszczysto-torfowe.

METODA PRAC

Pozytywne wyniki prac gravimetrycznych uzależnione były od zastosowania odpowiedniej metody prac polowych i obliczeniowych, a w szczególności od uzyskania zdjęcia gravimetrycznego o bardzo dużej dokładności. Do pomiarów użyto gravimetrów Askania Gs-111. Zdjęcie wykonano systemem profilowym, przy czym odległości między stanowiskami na profilu wynosiły najczęściej 10 m, rzadziej 20 m. Na niektórych polach podczas pierwszych pomiarów (przed eksploatacją) zastosowano regularną, kwadratową sieć stanowisk pomiarowych o oczkach 10 m. Stanowiska znakowano przy pomocy kołków geodezyjnych i zaznaczono je na dokładnym szkicu, w celu odtworzenia sytuacji dla ewentualnych kolejnych pomiarów w innym terminie. Z powodu osiadania terenu wskutek eksploatacji pomiary gravimetryczne były wykonane bezpośrednio po przeprowadzeniu prac niwelacyjnych. Wysokość n.p.m. każdego stanowiska została wyznaczona za pomocą niwelacji technicznej z dokładnością ± 1 cm. Liczne obserwacje na punktach powtarzanych wykazały, że podczas pomiarów osiągnięto dokładność pracy instrumentu wynoszącą $\pm 0,02$ mgł. Podczas wykonywania prac obliczeniowych przeanalizowano wszystkie możliwe poprawki i uwzględniono je w przypadku stwierdzenia użyteczności danej poprawki dla zwiększenia dokładności zdjęcia gravimetrycznego.

WYNIKI POMIARÓW WOKÓŁ POJEDYNCZEGO OTWORU
EKSPLOATACYJNEGO

Zadaniem tych pomiarów było określenie granic szczytowania siarki z pojedynczego otworu eksploatacyjnego, usytuowanego oddzielnie poza polem górniczym. Na podstawie znanej wielkości obszaru szczytowania możliwe jest ustalenie z dużą dokładnością optymalnej siatki otworów eksploatacyjnych.

W otworze stwierdzono stosunkowo duże osiarkowanie serii złożowej, co potwierdziły później dobre wyniki eksploatacyjne. Przed przystąpieniem do eksploatacji wokół otworu wykonano profilowe zdjęcie mikrogravimetryczne z uwzględnieniem kwadratowej sieci stanowisk pomiarowych. Uzyskano tą drogą obraz anomalii gravimetrycznych przed eksploatacją. Profile anomalii Δg nie wykazały w swoim przebiegu wyraźnych ekstremów. Są one na ogół bardzo spokojne, co wyklucza istnienie większych uskokuw.

Po całkowitym zakończeniu eksploatacji wykonano ponownie pomiary mikrogravimetryczne na tych samych stanowiskach pomiarowych. Pomiary wykonane w drugim terminie wykazują już większe lub mniejsze zróżnicowanie. Analiza kształtu i charakteru wykresów anomalii Δg przed i po eksploatacji wykazała pewne prawidłowości (fig. 1 i 2). I tak, wykresy anomalii na profilach 1, 2, 3, 13, 14, 15, a więc stosunkowo odległych od otworu, nie różnią się zasadniczo kształtem. Np. względne maksimum widoczne na profilu 3 na wysokości otworu eksploatacyjnego zaznacza się zarówno na wykresie anomalii uzyskanej przed eksploatacją, jak i na wykresie po eksploatacji. Nie stwierdzono obniżenia amplitudy tego maksimum o wartość większą niż dokładność pomiarów.

Na pozostałych profilach 4—11, 16, 17 (fig. 2) zaznaczają się natomiast na ogół wyraźnie względne minima grawimetryczne na krzywych uzyskanych po eksploatacji, a krzywe z pierwszego pomiaru nie wykazują żadnych ujemnych ekstremów. Zasięg poszczególnych minimów na krzywych z drugiego pomiaru jest różny, przy czym granice ich nie zawsze wyraźnie zaznaczają się z obu stron. Charakterystyczne jest, że największe względne wartości poszczególnych minimów znajdują się na wysokości otworu eksploatacyjnego. Amplituda minimów waha się w granicach 0,02—0,05 mgl.

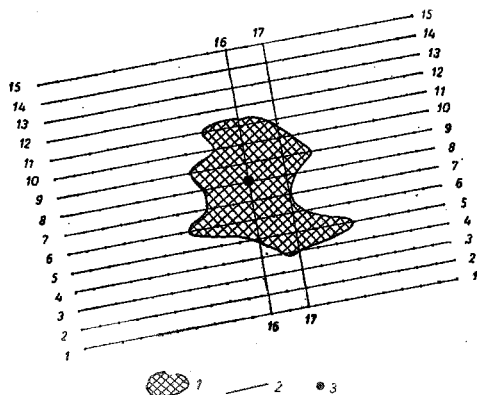


Fig. 1. Szkic sytuacyjny obszaru szcerpania siarki wokół pojedynczego otworu

Situation sketch of the area of sulphur exhaustion round a single bore hole

- 1 — obszar szcerpania siarki; 2 — linia przekroju grawimetrycznego; 3 — otwór eksploatacyjny
 1 — area of sulphur exhaustion; 2 — line of gravimetric cross section; 3 — exploitation bore hole

Dla uzyskania pewności czy wyżej omawiane minima nie są wynikiem błędów pomiarowych wykonano specjalne obliczenia na profilach 4—11. Uśredniono wartości anomalii Δg w odpowiadających sobie punktach profili, przyporządkowując je profilowi przechodzącemu przez otwór. Dzięki temu uzyskano uśredniony wykres anomalii Δg , uwolniony od przypadkowych błędów pomiaru (profil a — fig. 2). Na wykresie tym wyraźnie zaznacza się względne minimum na wysokości otworu o amplitudzie większej aniżeli wynosiła dokładność pomiarów grawimetrem w czasie prac wokół otworu. Na podstawie maksymalnych poziomych gradientów anomalii wyznaczono prawdopodobną granicę szcerpania siarki wokół omawianego otworu eksploatacyjnego (fig. 1).

Należy tu zwrócić uwagę, że wymienionych badań nie można stosować w przypadku dowolnego otworu znajdującego się na polu górniczym. Omawiany otwór był otworem w pewnym sensie wyjątkowym, gdyż pracował zupełnie samodzielnie. Zasięg eksploatacji otworu znajdującego się na polu górniczym może być zupełnie inny ze względu na bliskość sąsiednich otworów eksploatacyjnych współdziałających w eksploatacji siarki.

Powstanie mierzalnych anomalii grawimetrycznych na skutek eksploatacji siarki z powyższego otworu wydobywczego jest ze względów teoretycznych mało prawdopodobne. Uzyskanie takich anomalii wokół otworu może świadczyć o tym, że nie są one wynikiem tylko samego ubytku mas siarki, lecz również innych czynników eksploatacyjnych towarzyszących wydobywaniu siarki. Przemawia za tym karotaż omawianego otworu, który wykazał w serii złożowej strefę słabo zwięzłą i kawernistą, o dość dużej miąższości. Wydaje się być prawdopodobne, że wskutek procesów eksploatacyjnych strefa ta uległa znacznemu powiększeniu. Rozmycie i odtran-

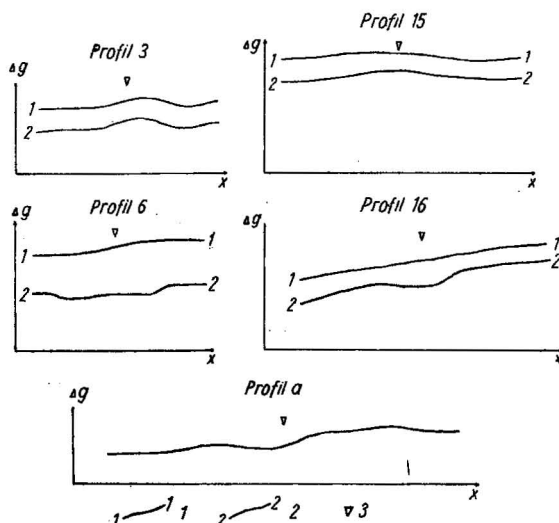


Fig. 2. Przykłady przekrojów grawimetrycznych uzyskanych przy pojedynczym otworze eksploatacyjnym

Examples of gravimetric cross sections obtained at single exploitation bore hole

1 — wykres anomalii Δg przed eksploatacją; 2 — wykres anomalii Δg po eksploatacji; 3 — rzut otworu eksploatacyjnego

1 — diagram of Δg anomaly prior to exploitation; 2 — diagram of Δg anomaly after exploitation; 3 — projection of exploitation bore hole

sportowanie materiału mogło doprowadzić do znacznego rozluźnienia szkieletu skalnego (z kawernami włocznie), co w połączeniu z ubytkiem mas siarki zwiększa szanse uzyskania mierzalnych anomalii grawimetrycznych.

WYNIKI POMIARÓW NA EKSPLOATOWANYCH POLACH GÓRNICZYCH

Jak już wspomniano, zadaniem tych prac było zbadanie przydatności jednorazowych pomiarów mikrogravimetrycznych na eksploatowanych polach górniczych dla określenia granic szczypania ewentualnie stopnia szczypania siarki z poszczególnych rejonów eksploatacji. W ogólności można powiedzieć, że przekrój grawimetryczny przebiegający przez rejon wydobywania siarki i strefy nie eksploatowane wykazuje wyraźne zróżnicowanie. Fragmenty przekroju anomalii Δg przebiegające przez niektóre obszary eksploatacyjne wykazują wyraźne względne minima anomalii, których amplitudy wahają się w granicach 0,02—0,1 mgł. Te względne minima anomalii wiążą się z ubytkiem mas siarki oraz ze zmianami w serii złożowej wynikającymi z eksploatacji. Na fig. 3 przedstawiono wyniki badań uzyskane na jednym z pól górniczych. W przypadku tym przekroje grawimetryczne przebiegały przez obszary leżące na zewnątrz pola eksploatacyjnego, przez obszary, na których eksploatacja została już zakoń-

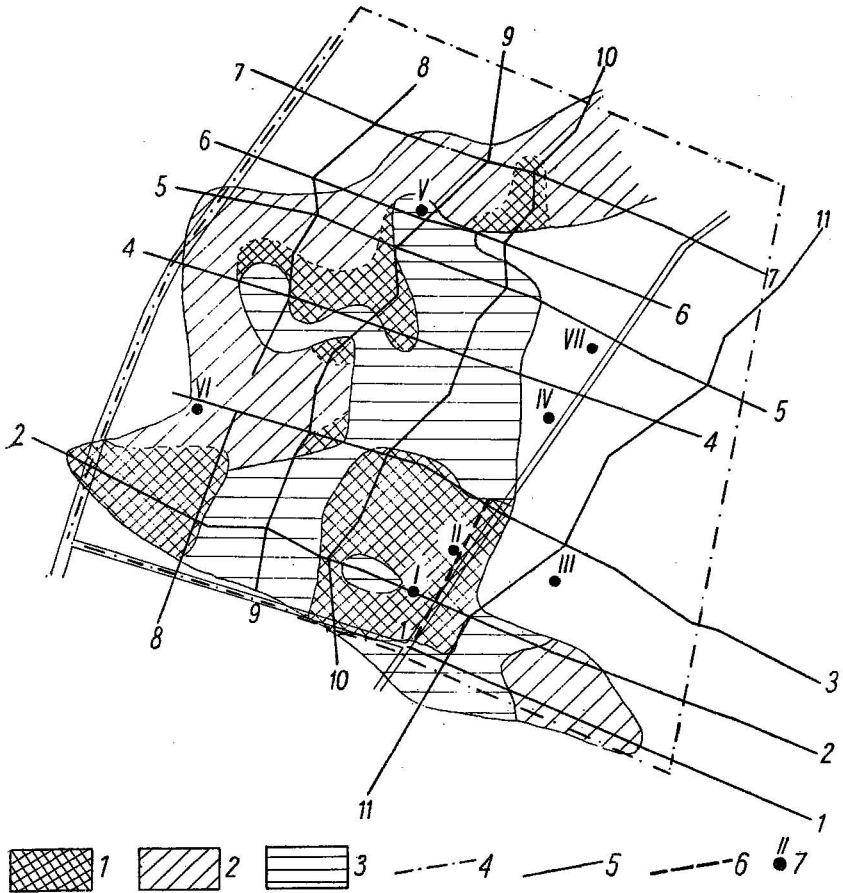


Fig. 3. Szkiec sytuacyjny obszaru szczypania siarki z pola eksploatacyjnego

Situation sketch of the area of sulphur exhaustion within an exploitation field

1 — obszar dużego szczypania siarki; 2 — obszar stosunkowo małego szczypania siarki; 3 — obszar nie szczypany; 4 — granice eksploatawanego pola górniczego; 5 — linia przekrojów grawimetrycznych; 6 — granica szczypania siarki (1968 r.); 7 — otwór kontrolny

1 — area of huge sulphur exhaustion; 2 — area of relatively small sulphur exhaustion; 3 — area where no exhaustion works have been carried out; 4 — boundaries of the exploited mine area; 5 — line of gravimetric cross sections; 6 — boundary of sulphur exhaustion (1968); 7 — check bore hole

czona, oraz przez obszary aktualnie eksploatowane. Pomiary na tym polu wykonywane były w latach 1968 i 1969.

Na podstawie pomiarów z 1968 r. wyznaczono wschodnią granicę szczypania siarki, przebiegającą na wschód od ostatnich otworów eksploatacyjnych (fig. 3). Granica szczypania oddzielała wschodni obszar nie szczypany od zachodniego szczypanego. W odwierconych później dwóch otworach kontrolnych nr I i II (fig. 3), usytuowanych na zachód od powyższej granicy, a więc w obszarze oznaczonym jako rejon silnie szczy-

pany, nie stwierdzono większych śladów siarki. W otworze nr I, po przebiciu warstw nadkładu, nie uzyskano rdzenia z serii złożowej, w otworze nr II natomiast uzyskano nieliczne fragmenty rdzenia, w znacznym stopniu zniszczone i rozmyte. Dane z tych wierceń potwierdziły więc wcześniej wyciągnięte przypuszczenia co do charakteru tego obszaru.

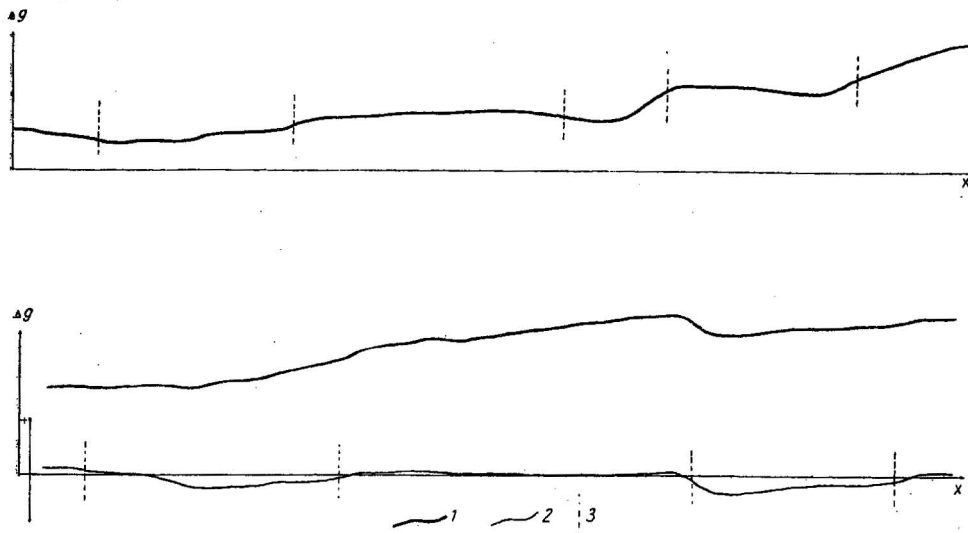


Fig. 4. Przykłady przekrojów grawimetrycznych z jednego z eksploatowanych pól górniczych

Examples of gravimetric cross sections from one of the exploited mine areas

1 — wykres anomalii Bouguera; 2 — wykres anomalii lokalnych; 3 — granice obszarów o różnym stopniu szcerpania siarki

1 — diagram of Bouguer anomaly; 2 — diagram of local anomalies; 3 — boundaries of the areas characterized by various degree of sulphur exhaustion

Latem 1969 roku przeprowadzono dalsze badania grawimetryczne. Badaniami objęto cały obszar pola górniczego zarówno wyeksploatowanego, jak i aktualnie eksploatowanego. Końcowym wynikiem tych prac jest załączona mapka (fig. 3), która przedstawia obszar względnego generalnego minimum grawimetrycznego. Obszar tego minimum wykreślono na podstawie maksymalnych wartości poziomych gradientów anomalii, wyznaczonych na poszczególnych przekrojach grawimetrycznych. W obrębie tak zarysowanego minimum wydzielono obszary charakteryzujące się różnym stopniem wyeksploatowania siarki. Na podstawie zróżnicowania anomalii Δg w obrębie tego minimum wydzielono obszary dużego szcerpania siarki, stosunkowo małego szcerpania oraz obszary nie szcerpane. Przykład przekroju grawimetrycznego z wyznaczonymi granicami obszarów o różnym stopniu wyeksploatowania przedstawia fig. 4. Wydaje się wielce prawdopodobne, że uzyskane minimum jest wynikiem nakładania się kilku czynników. Są to przede wszystkim ubytki siarki oraz procesy związane z jej eksploatacją, powodujące zmianę serii złożowej.

Wyniki badań uzyskane wprawdzie na podstawie niekompletnego materiału mikrograwimetrycznego (brak obrazu anomalii Δg przed eksplo-

atacją) potwierdziły się jednak w otworach kontrolnych — nr III, IV, V, VI, VII (fig. 3) — usytuowanych na polu eksploacyjnym. Na szczególną uwagę zasługują wyniki wierceń z otworów V i VI. Otwory te usytuowane zostały w „starej” części pola, na której zaniechano już dalszej eksploatacji, uważając tę część pola za całkowicie wyeksploatowaną. Rdzenie przez serię złożową dały pełny przekrój serii złożowej z nielicznymi tylko objawami rozmycia. (Wyniki uzyskane na podstawie badań mikrograwimetrycznych i dane z tych wierceń otwierają problem reeksploatacji tego pola, gdyż jak widać z mapy, obszar nie szcerpany jest stosunkowo duży.

Otwory III i IV, odwiercone w rejonach aktualnie eksploatowanych, wykazały zgodnie z danymi mikrograwimetrycznymi nie naruszone osiarkowanie serii złożowej. Obszar ten można intensywniej eksploatować przez zagęszczenie otworów wydobywczych.

Na zakończenie należy nadmienić, że prace dotyczące zastosowań mikrograwimetrii dla potrzeb otworowego górnictwa siarkowego są w dalszym ciągu prowadzone. Powyższy artykuł miał na celu wstępne przedstawienie fragmentu tych badań. Brak jest jeszcze podstawowego materiału interpretacyjnego, jakim są mapy anomalii Δg przed i po eksploatacji. Dalsze badania uwzględnią problem wpływu osiadanania terenu, spowodowanego eksploatacją, na wyniki badań mikrograwimetrycznych.

Zakład Geofizyki Geologicznej
Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
Wydział Geologii UW
Warszawa, Al. Zwirki i Wigury 93
Nadesłano dnia 27 stycznia 1970 r.

PIŚMIENNICTWO

- FAJKIEWICZ Z., DUDA W. (1964) — Próba zastosowania pomiarów mikrograwimetrycznych dla potrzeb górnictwa węglowego. Techn. Poszukiwań, nr 9. Warszawa.
- PAWŁOWSKA K. (1965) — Syntetyczny profil litostratygraficzny osadów miocenu na obszarze między Chmielnikiem i Tarnobrzegiem. Przewodnik XXXVIII Zjazdu PTG. Warszawa.
- PAWŁOWSKI S. (1962) — Mapa geologiczna okolic Solca — Dobrowa — Grzybowa. Warszawa.
- PAWŁOWSKI S. (1965) — Zarys budowy geologicznej okolic Chmielnika — Tarnobrzega. Przewodnik XXXVIII Zjazdu PTG. Warszawa.

Александр СТОПИНСКИ, Ежи СТЕЙН, Константы ЧЕПУЛИС

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ НУЖД СКВАЖИННОЙ ДОБЫЧИ СЕРЫ

Резюме

В статье описаны принципы применения микрогравиметрических измерений для нужд скважинной эксплуатации серы. Указана целесообразность этого рода исследований для повышения производительности при добыче и экономной разработки залежи. Описана

методика полевых работ, которая в принципе требует применения измерений дважды — до и после эксплуатации. В результате получают две карты аномалии Δg . Сравнение обеих карт позволяет выделить на шахтном поле районы с разной степенью вычерпания серы. Этот метод позволяет выкрыть ошибки в интерпретации, образующиеся под влиянием геологических факторов. Результаты двукратного цикла измерений показаны на примере определения распространения границы исчерпания от одиночной эксплуатационной скважины.

Описаны также результаты исследований, проведенных по иным программам, а именно речь идет о применении однократной системы измерений на территориях уже в значительной степени исчерпанных, где первоначальное измерение было уже невозможно. Соответствующая методика полевых работ и интерпретации дала положительные результаты, согласующиеся с результатами нескольких контрольных буровых скважин.

Aleksander STOPIŃSKI, Jerzy STEIN, Konstanty CZEPULIS

APPLICATION OF MICROGRAVIMETRIC MEASUREMENTS FOR SULPHUR EXPLOITATION BY MELTING IN BORE HOLES

S u m m a r y

The article deals with the principles of applying microgravimetric measurements for sulphur exploitation by melting in bore holes. The purposefulness of this research is emphasized particularly as concerns the increase in output and the economical exploitation. Discussed are also methods of field works, which, as a rule, require double measurements — before and after the exploitation. As a result of these measurements two maps of anomalies Δg may have been constructed for one area. A comparison of these two maps allows us to determine regions characterized by various degrees of sulphur exhaustion. This method eliminates interpretative errors which are the result of the influence of geological factors. Effects of double cycle of measurements are discussed on the results of determining the exhaustion range in one exploitation bore hole.

Moreover, there are discussed results of studies made according to a different programme, in which only one system of measurements might be applied within partly exploited areas, where the first measurement would be impossible. An appropriate method of field and interpretative works gave here satisfactory results like those obtained in several check bore holes.