

ZBIGNIEW BZOWSKI, ANDRZEJ DAWIDOWSKI *

**BAR, BOR I STRONT W ZANIECZYSZCZONYCH GLEBACH
I ODPADACH ZDEPONOWANYCH W REJONIE
TARNOWSKICH GÓR A OBECNOŚĆ TYCH
PIERWIASTKÓW W WODZIE MAŁEJ PANWI**

Słowa kluczowe: bar, bor, stront, gleby, odpady, wody Małej Panwi

Streszczenie

W rejonie zlikwidowanego Zakładu Chemicznego „Tarnowskie Góry”, w nagromadzonych tam odpadach oraz miejscami w glebach, występują podwyższone koncentracje baru, boru i strontu. Zanieczyszczenie tymi pierwiastkami stwierdzono zarówno w wodach powierzchniowych (rzeka Stola, potok „bez nazwy”), płynących w pobliżu Zakładu jak i wodach podziemnych poziomów czwartorzędowych. Prowadzony monitoring wód Małej Panwi w Krupskim Młynie wykazał obecność baru, boru i strontu, co sugeruje, że zasięg kontaminacji wód zanieczyszczeniami pochodzącymi z rejonu Tarnowskich Gór jest znaczący i obejmuje również wody Małej Panwi.

**Charakterystyka rejonu zlikwidowanego Zakładu Chemicznego
„Tarnowskie Góry”**

Teren zlikwidowanego Zakładu Chemicznego „Tarnowskie Góry” położony jest w północnej części miasta Tarnowskie Góry, w dzielnicy Czarna Huta i zaliczany jest w obręb Wyżyny Śląskiej na skraju Garbu Tarnogórskiego. Wysokość powierzchni terenu w tym rejonie wahają się w granicach od 278 do 295 m npm. Podłoże opisywanego terenu budują utwory czwartorzędu i triasu. Czwartorzęd reprezentowany jest przez plejstocenijskie piaski i piaski gliniaste, gliny i gliny pylaste oraz muły i torfy zastoiskowe. Utwory triasowe są wykształcone głównie jako wapienie i dolomity górnego wapienia muszlowego.

W obrębie utworów czwartorzędowych stwierdzono występowanie jednego do trzech poziomów wodonośnych w warstwach piaszczystych i miejscami żwirowych. Czwartorzędowe poziomy wodonośne zasilane są poprzez bezpo-

* Główny Instytut Górnictwa; Zakład Monitoringu Środowiska

średnią infiltrację wód atmosferycznych. Omawiane piętro wodonośne stanowi również źródło zasilania niżej występujących poziomów wodonośnych w utworach triasu. Triasowe piętro wodonośne występuje w osadach wapienia muszlowego i stanowi główny zbiornik wód podziemnych (GZPW) 330 Gliwice.

W rejonie zlikwidowanego Zakładu Chemicznego „Tarnowskie Góry” przepływa rzeka Stoła, której dopływem jest potok „bez nazwy”. Potok ten przepływa w odległościach od 100 do ok. 400 m od składowiska odpadów chemicznych po zlikwidowanym Zakładzie.

Zakres i metodyka badawcza

W pracy wykorzystano wyniki badań odpadów zgromadzonych na składowiskach wokół zlikwidowanego Zakładu Chemicznego „Tarnowskie Góry” oraz gleb w tym rejonie, które zostały zgromadzone w Bazie Danych Zanieczyszczeń Chemicznych Gleb i Gruntów na Terenach Przemysłowych prowadzonej w Zakładzie Monitoringu Środowiska GIG.

Skład chemiczny i zawartości pierwiastków śladowych w glebach oraz stężenia zanieczyszczeń w wodach potoku oznaczono metodami: klasycznej analizy chemicznej, XRF wykorzystując sekwencyjny spektrometr PW 1404 firmy Philips oraz AES-ICP używając spektrometr emisyjny z plazmą wzbudzoną indukcyjnie Optima 3000 DV firmy Perkin Elmer.

Badania przeprowadzono w akredytowanych przez PCA Laboratoriach: Badań Odpadów Stałych oraz Badań Wód i Ścieków, Zakładu Monitoringu Środowiska GIG. Wykorzystano własne procedury badawcze opracowane w tych laboratoriach.

Zagadnienia zobrazowania zawartości zanieczyszczeń w glebach pochodzących z monitorowanych obszarów realizowano przy użyciu pakietu oprogramowania SURFER firmy Golden Software. Pakiet ten pozwala na zastosowanie dla aproksymacji jedno lub wielowymiarowej wartości pomiędzy punktami pomiarowymi podstawowych metod statystycznych. W celu zobrazowania na płaszczyźnie wyników pomiarowych zastosowanie przedstawionych metod aproksymacji jest subiektywne i zależy od doświadczenia zespołu badawczego [Wiatr 1996; Namysłowska-Wilczyńska; Pyra 2000; Dawidowski 2003; Bzowski; Dawidowski 2004]. Podstawy teoretyczne poszczególnych metod są rozpowszechnione, dlatego poniżej przedstawiono rozważania dotyczące metody odwrotności kwadratu odległości zastosowane w pracy.

Technika odwrotności kwadratu odległości jest metodą obliczania średnich wartości badanych parametrów w punktach nieopróbowanych. Funkcja jest określona jako:

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}}}$$

gdzie:

$d_{i,j}$ – odległość pomiędzy obliczanym punktem „j” a punktami bazowymi „i”,

Z_j – wartość obliczana,

Z_i – wartość w i-tym punkcie bazowym,

β i δ - współczynniki,

$$h_{ij} = \sqrt{d_{ij}^2 + d^2}$$

Prognozę zmiany stężeń w wodzie Małej Panwi przeprowadzono metodą analizy trendu z wykorzystaniem programu Statistica 7.0.

Wyniki badań

Nagromadzone odpady

Na terenie zlikwidowanego Zakładu Chemicznego w Tarnowskich Górach o powierzchni ok. 70 ha występują składowiska odpadów chemicznych i osadniki, zajmując tereny o powierzchni ok. 30 ha. Na obecnie likwidowanych składowiskach i osadnikach występują bardzo zróżnicowane pod względem chemicznym odpady, związane z minioną działalnością Zakładów. Szacuje się, że zeskladowano i usunięto do osadników od 700 tys. do 1 mln ton odpadów.

Do najczęściej spotykanych należą [Ocena 2000]:

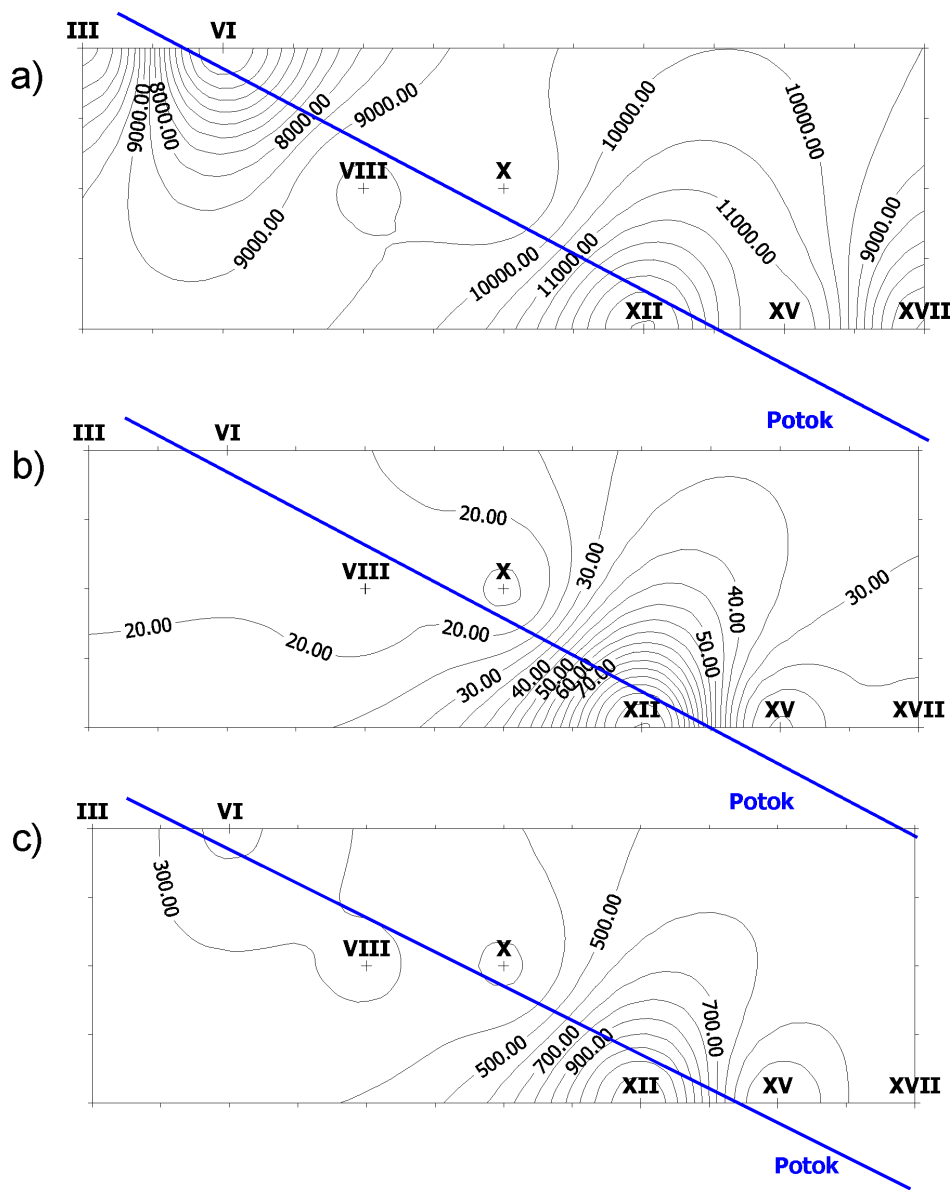
- odpady po produkcji siarczku baru w szacunkowej ilości ok. 330 tys. ton, w których bar rozpuszczalny w wodzie stanowi ok. 2 %,
- osady – szlamy pochodzące z oczyszczalni ścieków technologicznych w ilości ok. 380 tys. ton, w których występuje przede wszystkim $BaSO_4$ (ok. 60-80%) i CaO (ok. 10-20%) z dodatkiem cynku (do 10%) i $BaCO_3$ (ok. 5%),
- odpady borowe pochodzące z produkcji kwasu borowego i boraksu w ilości ok. 45 tys. ton, w których zawartość rozpuszczalnego w wodzie B_2O_3 waha się od ok. 1,5 % do ok. 5% przy tym obecne są inne metale, takie jak: glin, żelazo, ołów oraz stront w formach rozpuszczalnych,

- odpady pocelulozowe w ilości ok. 173 tys. ton, zawierające głównie węglan wapnia.

Ponadto, poza wymienionymi odpadami składowanymi i gromadzonymi w osadnikach, odpady spotykane są w mniejszych ilościach w pobliżu zlikwidowanych wydziałów produkcyjnych oraz w pobliżu rzeki Stoły.

Gleby

Gleby w rejonie składowiska odpadów chemicznych, wskutek wieloletniego oddziaływania zeskladowanych tam odpadów zawierają różnorodne zanieczyszczenia. W glebach tych bar występuje w przedziale zawartości od 0,4 do 1,5%, stront spotykany jest w ilościach od 4 do 1500 mg·kg⁻¹ (ppm), a bor wykazuje najmniejsze zawartości: od 10 do 120 mg·kg⁻¹ (ppm). Poza tymi pierwiastkami, wśród zanieczyszczeń gleb wymienić należy takie jak: arsen, cynk, ołów i miedź. Nagromadzenie zanieczyszczeń obserwowano w glebach wykazujących wysoką zawartość substancji organicznej (humusu) o właściwościach sorpcyjnych [Bzowski i Dawidowski 2004]. Dla jakości wód powierzchniowych, nie tylko w omawianym rejonie, znaczenie mają zanieczyszczenia gleb w pobliżu potoku „bez nazwy” (rys. 1), który przenosi te zanieczyszczenia dalej do rzeki Stoły, a następnie do Małej Panwi. Możliwość uruchamiania w wodzie z gleb nad potokiem takich zanieczyszczeń jak bor i bar wskazuje na konieczność przeprowadzenia remediacji tych gleb [Bojarska i Bzowski 2001]. Konieczność taką potwierdzają wyniki prowadzonego monitoringu wód Stoły i Małej Panwi.



Rys. 1. Rozkład zawartości $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ppm) Ba (a), B (b) i Sr (c) w glebach okolic potoku „bez nazwy” w rejonie Tarnowskich Gór; cyframi rzymskimi oznaczono punkty poboru próbek [Bzowski i Dawidowski 2004]

Wody powierzchniowe rejonu Tarnowskich Gór – Potok „bez nazwy” i rzeka Stoła

Przez omawiany teren Tarnowskich Gór, w kierunku południowo-zachodnim przebiega dolina rzeki Stoły wraz z dopływającym do niej ciekim powierzchniowym „bez nazwy”. Dolina tego potoku przebiega w kierunku północno-wschodnim od rzeki Stoły, a jego rozlewiska w rejonie zlikwidowanego Zakładu występują w odległościach 50-200 m od składowiska odpadów. W latach 2000-2002 wody tego potoku przy pH od 6,45 do 7,95 wykazywały stężenia baru od 0,07 do 3,7 mg·dm⁻³, boru od 0,2 do 6,8 mg·dm⁻³ oraz strontu od 0,15 do 2,0 mg·dm⁻³ [Bzowski i Dawidowski 2004]. Obecnie (luty-marzec 2007 r.) stężenia tych zanieczyszczeń przy pH 7,00-7,15 kształtują się na niższym poziomie: bar – 0,20-0,25 mg·dm⁻³, bor – 1,5-1,8 mg·dm⁻³ oraz stront – 0,20-0,27 mg·dm⁻³. Wyniki dokumentują pozytywny efekt przeprowadzonej w latach 2000-2006 rekultywacji terenów składowisk chemicznych odpadów poprodukcyjnych. Jednak zanieczyszczenia występujące w gleb rejonu składowisk nadal negatywnie wpływają na jakość wody potoku „bez nazwy”. Przenoszony ładunek zanieczyszczeń przez wody tego potoku ma wpływ nie tylko na czystość wód rzeki Stoły. Obecnie (luty-marzec 2007 r.) stężenia omawianych zanieczyszczeń w wodzie rzeki Stoły są znaczące i porównywalne z oznaczonymi w potoku „bez nazwy” (tab. 1).

Tab. 1. Stężenia baru, boru i strontu w wodzie rzeki Stoły

Miejsce pomiaru na rzece Stoła	Miesiąc w 2007 r.	pH	Bar	Bor	Stront
			mg·dm ⁻³		
1 km poniżej zlikwidowanych Zakładów Chemicznych	luty	7,78	0,14	1,58	0,30
	marzec	7,70	0,18	1,70	0,32
Boruszowice	luty	7,52	0,10	0,39	0,16
	marzec	7,55	0,14	1,05	0,18
Potępa (przed ujściem do Małej Panwi)	luty	7,44	0,10	0,20	0,15
	marzec	7,33	0,12	0,23	0,15

Rzeka Mała Panew

Wody rzeki Stoły wraz z dopływem wód z potoku „bez nazwy”, wpadają do Małej Panwi i przenosząc ładunki zanieczyszczeń: baru, boru i strontu kształtują jakość wód tej rzeki od ujścia Stoły do miejscowości Krupski Młyn. W latach 2001-2006, monitoring wód Małej Panwi w Krupskim Młynie wykazał występowanie zanieczyszczeń barem, borem i strontem. W czasie prowadzone-

go monitoringu (24 pomiary) zarówno jesienno (październik i listopad), jak i wiosennie (kwiecień i maj) stężenia badanych pierwiastków wykazywały wahania spowodowane okresowym stanem wód Małej Panwi oraz jej dopływu – rzeki Stoły. Istotna zależność pomiędzy wielkościami stężeń boru i baru w monitorowanej wodzie Małej Panwi ($n = 24$, $r = 0,52$, $\alpha = 0,01$) świadczy o wspólnym miejscu ich wymywania, to jest w rejonie likwidowanego Zakładu Chemicznego w Tarnowskich Górach. Natomiast obecność strontu w wodzie Małej Panwi tylko częściowo pochodzi z zanieczyszczeń dostarczanych z rejonu Tarnowskich Gór, ponieważ jego stężenia w wodach rzeki Stoły i potoku „bez nazwy” są najczęściej niższe od stwierdzonych w wodzie rzeki Mała Panew. Wyjaśnienie obecności strontu w wodzie Małej Panwi wymaga dokładniejszych badań wód tej rzeki powyżej ujścia rzeki Stoły.

Wyniki monitoringu stężeń baru i boru w wodzie Małej Panwi w Krupskim Młynie oraz wyznaczone na tej podstawie prognozy zmian prezentuje rysunek 2.

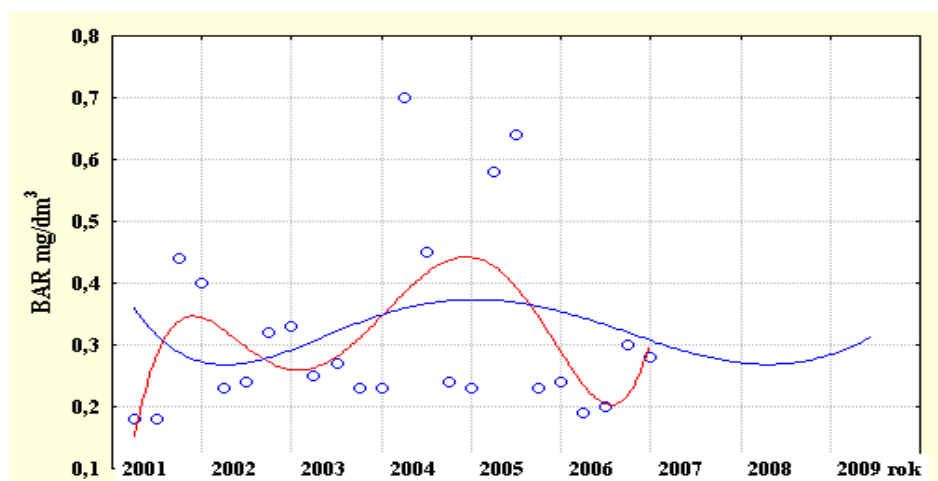
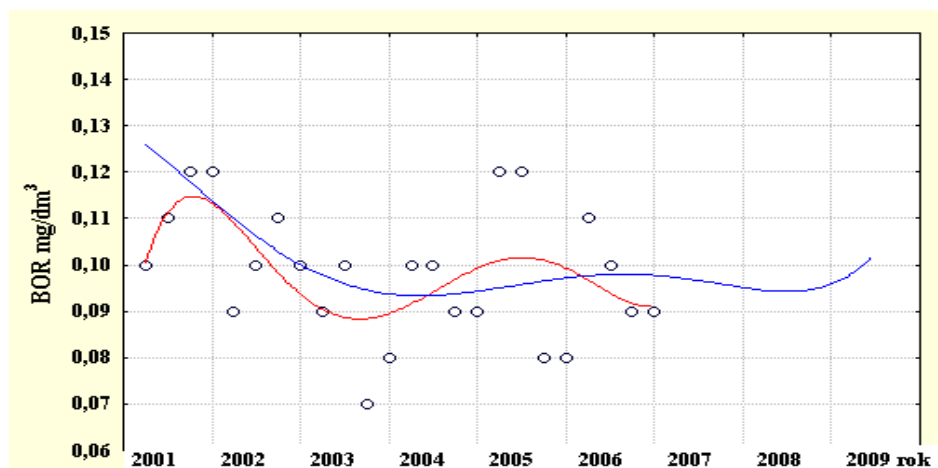
Z przedstawionych prognoz stężeń baru i boru w wodzie Małej Panwi w Krupskim Młynie wynika, że w latach 2008-09 nie można spodziewać się niższych stężeń tych zanieczyszczeń. Ograniczenie zanieczyszczenia tymi pierwiastkami wód Małej Panwi wymaga szybkiego zakończenia rekultywacji składowisk i osadników z odpadami chemicznymi oraz przeprowadzenia rekultywacji gleb i gruntów wokół zlikwidowanych Zakładów Chemicznych. Ponadto konieczne jest usunięcie osadów dennych z potoku „bez nazwy” i rzeki Stoły.

Podsumowanie

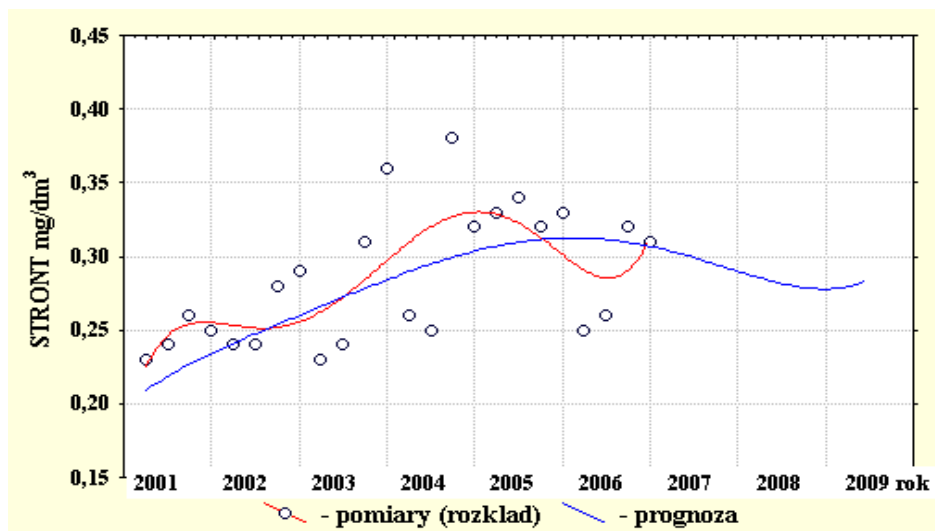
Prowadzony monitoring wskazuje, że zanieczyszczenie barem i borem wód Małej Panwi w rejonie Krupskiego Młyna związane jest z dopływającą wodą rzeki Stoły. Związek tych pierwiastków występuje zarówno w wodzie Małej Panwi jak i w odpadach zgromadzonych na składowiskach i w osadnikach na terenach likwidowanego Zakładu Chemicznego w Tarnowskich Górach. Natomiast obecność strontu w wodzie Małej Panwi tylko częściowo pochodzi z zanieczyszczeń dostarczanych z rejonu Tarnowskich Gór, ponieważ jego stężenia w wodach rzeki Stoły i potoku „bez nazwy” są najczęściej niższe od stwierdzonych w wodzie rzeki Mała Panew.

Prognozy stężeń baru i boru w wodzie Małej Panwi w Krupskim Młynie wskazują, że dla ograniczenia występowania tych pierwiastków, konieczne jest szybkie zakończenie rekultywacji składowisk i osadników z odpadami chemicznymi, przeprowadzenie rekultywacji gleb i gruntów wokół zlikwidowa-

nych Zakładów Chemicznych oraz usunięcie osadów dennych z potoku „bez nazwy” i rzeki Stoły.



Rys. 2a-b. Wyniki monitoringu stężeń baru i boru w wodzie Malej Panwi w Krupskim Młynie oraz prognozy zmian



Rys. 2c. Wyniki monitoringu stężeń strontu w wodzie Malej Panwi w Krupskim Młynie oraz prognozy zmian

Literatura

1. BOJARSKA K., BZOWSKI Z.: *Leachability of B and Ba from the soils of nearby liquidated chemical plant*. In Proc. „Analysis, Methodology of Treatment and Remediation of Contaminated Soils and Groundwater” – Comm. for Europe UN; 65. Paris, France 2001
2. BZOWSKI Z., DAWIDOWSKI A.: *Ocena wpływu zanieczyszczonych gleb na jakość wody w potoku przepływającym w okolicy Tarnowskich Gór*. Mat. VI Konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód.”; 267-274. Poznań 2004
3. DAWIDOWSKI A.: *Wpływ doboru metod aproksymacji na obraz zanieczyszczeń gleb i gruntów metalami ciężkimi*. W: „Komputer w ochronie środowiska. Zastosowanie technik informatycznych w zarządzaniu systemami wodno-kanalizacyjnymi”, 9-17. Poznań 2003
4. MUCHA J.: *Metody geostatystyczne w dokumentowaniu złóż*. AGH Kraków 1994
5. NAMYSŁOWSKA-WILCZYŃSKA B., PYRA J.: *Wykorzystanie krigingowych metod estymacji do oceny stanu zanieczyszczenia gruntów miedzią*

- i ołowiem na obszarze LGOM-u. Mat. III Forum Inżynierii Ekologicznej, 222-234. Nałęczów 2000*
6. OCENA oddziaływania na środowisko operacji przemieszczania odpadów poprodukcyjnych zgromadzonych w rejonie Zakładów Chemicznych „Tarnowskie Góry” w likwidacji. KPBP „Budus” S.A. GIG Katowice 2000, (niepublikowana)
 7. WIATR I.: *Metody geostatystyczne w monitorowaniu stanu degradacji środowiska naturalnego. Ekoinżynieria 1; 26-34. 1996*

**BARIUM, BORON AND STRONTIUM IN POLLUTED SOILS
AND WASTES COLECTED IN TARNOWSKIE GÓRY
REGION IN COMPARE WITH ELEMENTS CONTENT
IN MAŁA PANEW RIVER WATERS**

Key words: barium, boron, strontium, soils, wastes, Mala Panew river waters

S u m m a r y

On the area of the closed chemical plant “Tarnowskie Gory” in deposited wastes and soils (in some place) increased concentrations of barium, boron and strontium have been found. Contamination with these elements has also been found in surface waters of Stola river and stream without name, flowing near the plant and underground waters of Quaternary level. Performed monitoring of waters of Mala Panew river in Krupski Mlyn locality has shown significant contents of barium, boron and strontium; it is suggested that the level of waters contamination caused by contaminants coming from the area of Tarnowskie Gory is big and comprises also waters of Mala Panew river.