

Aleksandra KORKOSZ, Marcin NIEWIADOMSKI, Jan HUPKA

Politechnika Gdańska

CHARAKTERYSTYKA OSADU DENNEGO Z BASENU PŁYWACKIEGO

CHARACTERISTICS OF BOTTOM SEDIMENT FROM THE SWIMMING POOL

Scharakteryzowano próbki osadu z dna basenu pływackiego - zebrane za pomocą odkurzacza wodnego - pod względem rozkładu wielkości cząstek, fizykochemii powierzchni oraz udziału w nim frakcji nieorganicznej oraz organicznej. Szukano korelacji składu i właściwości osadu z liczbą użytkowników basenu

1. Wprowadzenie

Osad denny - obok zawiesiny zatrzymanej na filtrach oraz osadu/kamienia wytrącającego się w urządzeniach i przewodach - jest jednym z odpadów stałych powstających wyniku eksploatacji basenów [1]. Biofilm i osady tworzące się na dnie i ścianach niecki krytych basenów sportowych, rekreacyjnych i rehabilitacyjnych należą do najmniej zbadanych. Wynika to m.in. z faktu, że do czasu zastosowania tzw. odkurzaczy wodnych do oczyszczania niecki basenów, osady te pozostawały w zasadzie nieuchwytnie. Systematyczne badania chemiczne i fizykochemiczne osadów dennych są o tyle ważne, że mogą wskazywać zarówno na zagrożenia zdrowotne jak i poprawność funkcjonowania instalacji do uzdatniania wody.

W literaturze poświęcono wiele uwagi badaniom popłuczyn z uzdatniania wody basenowej [1], [2], [3], [4] a także popłuczynom z uzdatniania wody wodociągowej, w tym szkodliwości i toksyczności osadów [3]. W uzdatnianiu wody basenowej prowadzi się koagulację najczęściej solami glinu (rzadziej solami żelaza), wówczas odpadami są uwodnione osady i popłuczyny o znacznej zawartości Al lub Fe. Za toksyny uważa się m.in.: As, Ba, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn [3].

Skład chemiczny osadów powstających w procesie eksploatacji basenu kąpielowego zależy od rodzaju i jakości uzdatnianej wody, stosowanych źródeł filtracyjnych, reagentów chemicznych i ich dawek zastosowanych w oczyszczaniu wody oraz układu technologicznego [5]. Kwestia generowania osadów jest jednym z kluczowych zagadnień do końca nie rozwiązanych [3].

Unieszkodliwianie popłuczyn z uzdatniania wody, może odbywać się ze wstępnym oczyszczaniem w odstojnikach lub osadnikach kontaktowych. W odstojnikach celem skrócenia czasu sedymentacji dozuje się wapno, siarczan glinu lub flokulant, natomiast w przypadku osadników kontaktowych stosuje się koagulant jaki dozowany jest przy uzdatnianiu wody surowej [2]. Odprowadzanie wód z płukania filtrów do wód powierzchniowych, lub nawadnianie zieleni mogłoby zmniejszyć koszty eksploatacji basenów [6].

W przypadku tworzenia się biofilmów i związanych z nimi osadów dennych, wzrasta ryzyko występowania pasożytów chorobotwórczych a szczególnie oocyst *Cryptosporidium parvum* i możliwość zarażenia się [7]. Badania filtrów próżniowych z ziemią okrzemkową - jako pomocą filtracyjną - pozwoliły na zidentyfikowanie zatrzymanych w osadzie wielu rodzajów i gatunków bakterii, w tym *Escherichia coli* [4]. W wodach popłucznych stwierdzono występowanie patogennych pierwotniaków *Cryptosporidium parvum* i *Giardia lamblia* [5], [6], [8], [9]. Osad z uzdatniania wody uznawany jest za odpad niebezpieczny, z uwagi na jego pochodzenie i koncentrację zanieczyszczeń, skład chemiczny, biologiczny, stanowiący w określonych okolicznościach zagrożenie dla ludzi i środowiska [10]. Podobnie można by traktować osad z dna basenu.

Rozpatrując skład chemiczny płynów biologicznych człowieka, patrz tabela 1, które przedostają się w różnych ilościach do basenu, zauważyć można zarówno substancje rozpuszczalne w wodzie, jak i substancje, które utworzą układ koloidalny. Substancje te w różnym stopniu ulegną utlenianiu przez preparaty dezynfekujące wodę, czy podatne będą na koagulację i flokulację a także ulegać adsorpcji na kłaczkach wodorotlenku glinu lub żelaza.

Przedmiotem badań zamieszczonych w pracy był osad z dna basenu, zebrany za pomocą odkurzacza wodnego na rzeczywistej instalacji basenowej. O ile osady z uzdatniania wody pitnej analizowano dotychczas pod kątem ich oddziaływania na środowisko jako odpad, to w naszej pracy badaliśmy osad denny jako wskaźnik funkcjonowania instalacji uzdatniającej wodę basenową oraz pewnego rodzaju indykator bezpieczeństwa użytkowników basenu.

2. Charakterystyka chemiczna i fizykochemiczna osadu

2.1 Badania wstępne

Woda w jednym z basenów pływackich w Gdańsku jest oczyszczana za pomocą bakterii filtrów piaskowo-żwirowych o trzech warstwach uziarnienia. Do wody dodawany

Tab. 1. Charakterystyka płynów biologicznych człowieka wprowadzanych do wody basenowej

Tab. 1. Characteristics of human biological fluids entering swimming pool water

Rodzaj wydzieliny	Skład chemiczny
Mocz	Woda 96%; azotowe produkty przemiany materii (głównie mocznik) 2,5%; jony nieorganiczne NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} ok. 1,5%; kwas moczowy 0,05%; kreatynina 0,1%; kwas hipurowy 0,03%; składniki upostaciowione: złuszczone komórki nabłonka, śluz [11]
Pot	Woda 99%; jony nieorganiczne: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} ; inne: (tłuszcze, kwas mlekowy, mocznik, węglowodany) 0,7%, [12]
Kał	Resztki pokarmowe (błonnik oraz obumarłe komórki wyściełające ścianki jelit 10%; śluz; bakterie 15%; resztki nabłonka; woda 75%; związki azotu i fosforu), [13]
Ślina	Woda 99,5%; składniki nieorganiczne: (Na^+ , K^+ , Cl^- , PO_4^{3-}) 0,2 %; składniki organiczne: (białka, peptydy, enzymy, mocznik, kreatynina, kwas moczowy, aminokwasy, węglowodany, lipidy (0,3%), [14], [15]
Wydzielina nosowa jako płyn biologiczny	Woda; składniki nieorganiczne (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^-); białko; enzymy bakteriolityczne, [16]
Śluz pochwowy	Woda; pirydyna; skwalen; mocznik; kwas octowy; kwas mlekowy; złożone alkohole; glikol; ketony; aldehydy, [17]
Sperma	Putrescyna; spermina; spermidyna; kadaweryna (odpowiedzialne za walory smakowe i zapachowe spermy); witamina C; witamina B ₁₂ ; prostaglandyny; lipidy; aminokwasy; enzymy; hormony steroidowe; fruktoza; cholesterol; mocznik; cynk; wapń; magnez; selen, [18]
Łzy	Woda (główny składnik); chlorek sodu; substancje bakterio-bójcze, [19]
Krew (skaleczenia i inne przypadki)	Składniki komórkowe (ok. 44%): erytrocyty, leukocyty, trombocyty; osocze (ok. 55%): wodny roztwór (90% wody) białka, sole, monosacharydy, jony sodu, potasu, magnezu, wapnia, fosforany, chlorki; Inne składniki: hormony, rozpuszczone gazy, cukier, tłuszcze, witaminy, mocznik kwas moczowy [20]

jest hydroksychlorek glinu jako koagulant wraz z korektą pH. Filtry płukane są dwa razy w tygodniu, naprzemiennie. Dno i ściany niecki basenowej są czyszczone zazwyczaj codziennie rano za pomocą odkurzacza wodnego.

Badania osadu niecki basenowej objęły jego charakterystykę jako układu rozproszonego, w tym rozkład wielkości cząstek, wyznaczenie potencjału zeta na podstawie ruchliwości elektroforetycznej, a także analizę termiczną, która wskazała udział masowy i charakter frakcji organicznej i nieorganicznej. Wstępną czynnością była stratyfikacja osadu w leju Imhoffa.

Wyniki badań przedstawione w tej pracy odnoszą się do osadów pobieranych przez okres kilku wiosennych miesięcy z dna basenu kąpielowego o wymiarach 25x12,5m i objętości wody 750 m³, o głębokości min. 1,4 m, max. 3,6 m, za pomocą odkurzacza wodnego Dolphin Dynamic Pro-X. Worek z odkurzacza spłukiwano wodą z basenu oraz wodą wodociągową do objętości 5 dm³, następnie cedzono przez sito o wymiarach oczek 0,7 mm celem oddzielenia makro zanieczyszczeń. Oddzielone makro zanieczyszczenia zawierające w 70-80% mas. włosy, przedstawiono na rys. 1. Analiza mikroskopowa, wykazała, że materia zebrana w odkurzaczu to swobodne cząstki zanieczyszczeń, które opadły na dno, i fragmenty biofilmu zdarte z powierzchni poprzez działanie ssawki odkurzacza.



Rys. 1. Makro zanieczyszczenia wyodrębnione z osadu zebranego odkurzaczem wodnym z dna niecki basenu kąpielowego

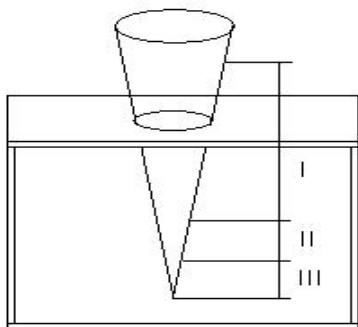
Fig. 1. Macro impurities screened from the sediment collected with a water vacuum cleaner at the bottom of a swimming pool

Po wymieszaniu zawiesinę przelewano do 5 lejów Imhoffa o obj. 1 dm³. Po dwóch godzinach sedimentacji uzyskano 3 wyraźne warstwy, rys. 2. Każdą warstwę badano oddzielnie a wyniki z 5 lejów Imhoffa uśredniano. Badanie pod mikroskopem optycznym wskazuje, że cząstki zanieczyszczeń w osadzie są zagregowane, tj. tworzą kłaczkę.

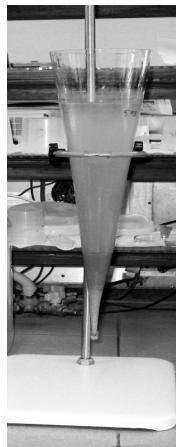
Całkowita ilość osadu zebranego w odkurzaczu w przeliczeniu na suchą masę po całodziennym użytkowaniu basenu wynosiła średnio od 15 g nawet do 60 g zawiesiny i zależna była od liczby osób korzystających z basenu oraz objętości uzupełnionej wody. Objętościową część zanieczyszczeń stanowią włosy jak pokazano na rys. 1; ich udział masowy w całości wysuszonego osadu to około 0,3-1%. Całkowita ilość osadu zebrana w odkurzaczu była niewielka ze względów operacyjnych, ale wystarczająca aby zaabsorbować liczne mikroorganizmy i glony i stanowić zagrożenie dla użytkowników.

Każda z warstw osadu dennego poddanego sedymentacji w leju Imhoffa miała inny skład i właściwości dlatego obok charakterystyki ogólnej objęta została odrębnymi badaniami.

a)



b)



Rys. 2 Stratyfikacja zawiesiny z odkurzacza wodnego w leju Imhoffa; a) schemat, b) widok

Fig. 2. Stratification of sediment from water vacuum cleaner in Imhoff cone; a) scheme. b) view

2.2 Charakterystyka warstwy I

Dla fazy wodnej, stanowiącej 99% warstwy I oznaczono pH, chlor wolny, potencjał redox, mętność i ruchliwość elektroforetyczną zawieszonych w niej cząstek, na podstawie której wyliczony został potencjał zeta. Wyniki przedstawiono w tabeli 3.

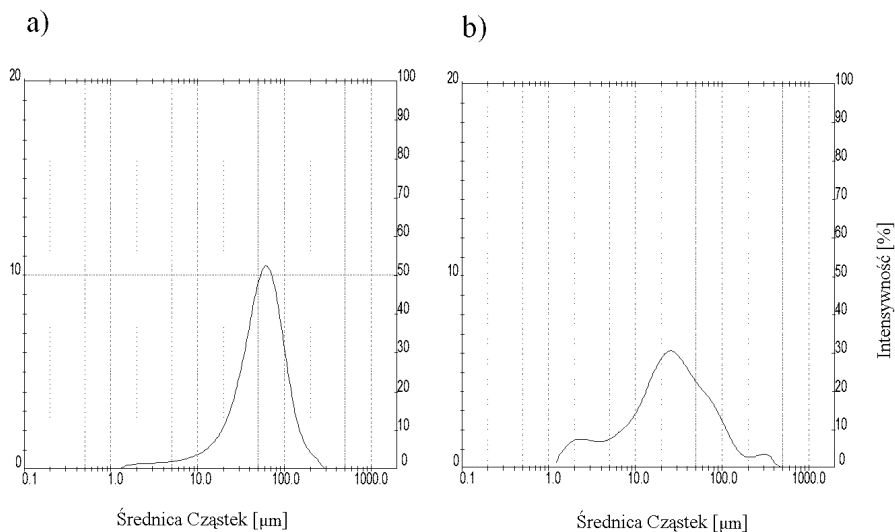
Średnia wartość pH w wodzie basenowej wyniosła 7,1 czyli prawie mieściła się w zalecanych zakresie 7,2-7,6. Stężenie chloru wolnego jest prawidłowe i wynosi 0,5 mg/dm³. Przewodnictwo dla wody basenowej jest większe niż zawiesiny osadu z odkurzacza i wyniosło 2,2 mS co wynika z wykorzystania wody wodociągowej do ostatecznego płukania worka odkurzacza.

Potencjał redox wyniósł 835 mV; jest prawidłowy. W wodzie z odkurzacza był niższy 542 mV, z uwagi na rozcieńczenie wodą wodociągową. Mętność wody wyniosła 0,26 NTU, natomiast dla zawiesiny z odkurzacza średnia jej wartość kształtowała się na poziomie 670 NTU. Średni potencjał zeta dla drobnych cząstek zawieszonych w wodzie basenowej wyniósł -8,5 mV, dla wody z odkurzacza potencjał zeta był niższy równy -10,9 mV co wynikało z mniejszej siły jonowej wody.

Rozkład wielkości cząstek zanieczyszczeń

Rozkład wielkości cząstek zmierzony w aparacie Mastersizer X firmy Malvern dla warstwy I i II przedstawiono na rys. 3. Cząstki zawieszone w warstwie I mieszczą się w przedziale 1,5-300 µm. Dla warstwy II przedział ten wynosi 1-500 µm. W warstwie I

najwięcej zanieczyszczeń miało rozmiar 60 μm . Rozkład wielkości cząstek dla warstwy 2 jest trójmodalny, widoczne są maksima przy 2, 30 i 300 μm . Cząstki obecne w warstwie I i II w istocie są zespołami cząstek, czyli kłaczkami, których właściwości zależą od składu, przede wszystkim ilości wodorotlenku glinu i rodzaju zanieczyszczeń wskazanych w tabeli 1.



Rys. 3 Rozkład wielkości cząstek dla: a) warstwy I; b) warstwy II

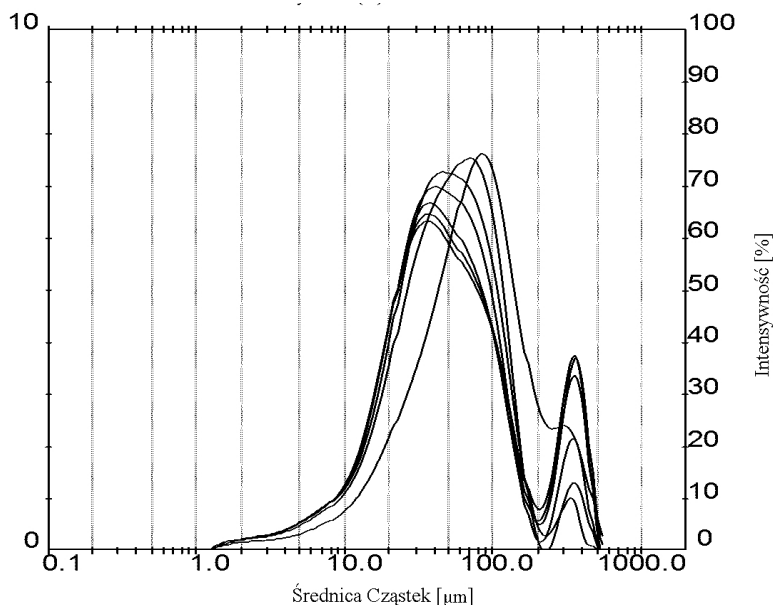
Fig. 3. Particle size distribution for: a) layer I, b) layer II

Tab. 2. Parametry fizykochemiczne dla warstwy I (temp. 25°C)- średnia dla 30 pomiarów z miesiąca

Tab. 2. Physicochemical parameters for layer I, results averaged for 30 days in one month

Parametr	Jednostka	Woda basenowa	Woda z odkurzacza
pH	-	7,1	7,2
Chlor wolny	mg/dm ³	0.5	-
Przewodnictwo	mS	2,2	1,5
Potencjał redox	mV	835	542
Mętność	NTU	0,26	670
Potencjał zeta	mV	-8,5	-10,9

Ważniejsza niż pojedynczy rozkład wielkości cząstek jest rodzina krzywych rozkładu wyznaczona dla określonej sekwencji czasu i wskazująca na podatność kłaczków na działanie sił ścinających podczas cyrkulacji w celce pomiarowej aparatu. [21], [22]. Z serii rozkładów wielkości cząstek wykonanych w odstępach 4 min., patrz rys. 4, widać że na skutek działania sił ścinających nastąpiło zwiększenie liczby cząstek mniejszych. Maksimum rozkładu z 90 μm przesunęło się do 30 μm po 28 minutach cyrkulacji osadu. Inne próbki osadu posiadały odmienną podatność na ścinanie, a tym samym na redyspersję powodowaną np. prądami konwekcyjnymi w basenie.



Rys. 4. Rodzina krzywych rozkładu wielkości kłaczków dla zawiesiny z odkurzacza wodnego

Fig. 4. Family of floc size distribution curves for sediment from water vacuum cleaner

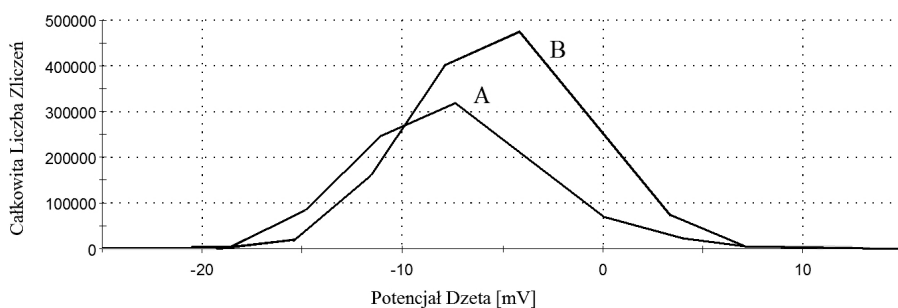
Potencjał zeta

Rozkład potencjału zeta cząstek zawieszonych w warstwie I i II wyznaczono za pomocą aparatu Zetasizer Nano-ZS firmy *Malvern*. Potencjał zeta wskazuje na podatność cząstek osadu na agregację, a tym samym na szybkość sedimentacji. Wielkość potencjału zeta wskazana w tabeli 4 stanowi de facto wartość maksymalną, a w rzeczywistości dla określonego pH kłaczkki zanieczyszczeń wskazują ruchliwość w pewnym przedziale wielkości, patrz rys. 5.

Tab. 4. Średnia wartość potencjału zeta dla cząstek zawieszin i kłaczków w niecce basenu oraz z warstwy I i II

Tab. 4. The average value for the zeta potential of flocs and suspended particles in the pool basin and in layer I and II

Parametry	Niecka basenu		Warstwa I		Warstwa II	
Liczba osób korzystających z basenu	72	307	72	307	72	307
pH	7,1–7,2	7,1–7,2	7,1–7,2	7,1–7,2	7,1–7,2	7,1–7,2
Potencjał zeta, mV	-5,9	-5,2	-5,0	-7,5	-7,7	-2,0



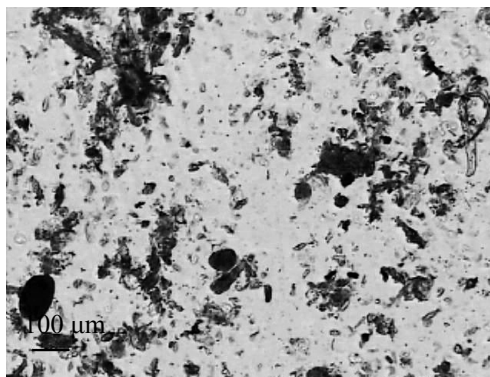
Rys. 5. Rozkład potencjału zeta dla cząstek zanieczyszczeń w warstwie I dla różnej liczby użytkowników: A – 72 osoby na dzień, B – 307 osób na dzień

Fig. 5. The distribution of polluting particles zeta potential in layer I for different number of users: A - 72 people per day, B - 307 people per day

Zakres tego przedziału odzwierciedla różnorodność składu kłaczków i różne proporcje udziału fazy nieorganicznej, którą stanowią głównie kłaczkki wodorotlenków glinu lub żelaza, naładowanej dodatnio dla $\text{pH} < 7$, i fazy organicznej obdarzonej ujemnym ładunkiem elektrycznym, zazwyczaj dla $\text{pH} > 2,5$. Siła jonowa wody rzędu 2 mS powoduje silną kompresję podwójnej warstwy elektrycznej wykazującej w efekcie potencjał zeta poniżej -10 mV i przyczyniając się tym samym do efektywnej flokulacji. Dane w tabeli 4 wskazują też, że różna liczba kąpiących się nie miała zasadniczo wpływu na wielkość potencjału zeta dla tak znacznej siły jonowej wody.

2.3 Charakterystyka warstwy II

Obok charakterystyki fizykochemicznej warstwy II, przedstawionej w innych podrozdziałach, z uwagi na koncentrację zawiesiny przeprowadzono obszerną analizę mikroskopową. Pod mikroskopem epifluorescencyjnym L3001, rys. 6, widoczne są cząstki osadu nieożywionego jak i fragmenty biofilmu, zdartego z powierzchni przez ssawkę odkurzacza, z zaadsorbowanymi mikroorganizmami a także glony, które rozwinęły się w wodzie basenowej. Sprzyjającymi warunkami rozwoju glonów jest obecność nutrientów oraz duże nasłonecznienie basenu w okresie wiosenno-letnim przekraczające według pomiarów własnych w godzinach południowych 800 W/m^2 . Stosowanie preparatu chemicznego (czwartorzędowy polimerowy chlorek amoniowy) nie zapobiegało rozwojowi glonów.



Rys. 6. Zdjęcie mikroskopowe warstwy II, powiększenie 100x

Fig. 6. Microscopic image of layer II, 100x magnification

2.4 Charakterystyka warstwy III

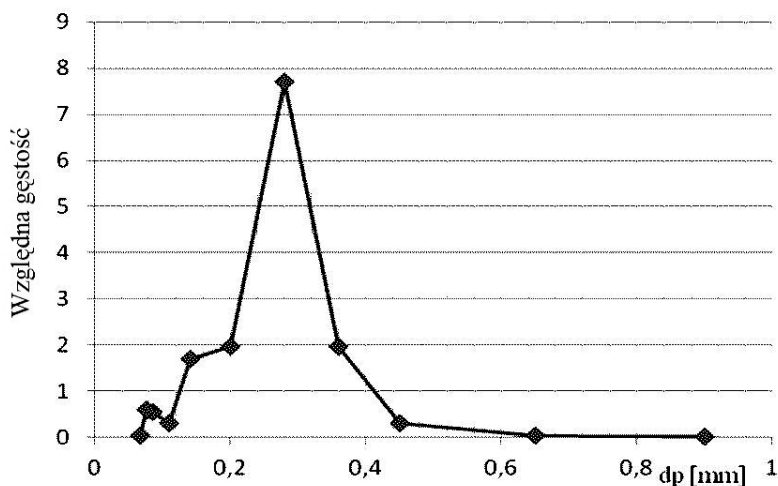
Analiza sitowa

Warstwę 3 w leju Imhoffa, stanowił drobny piasek, tylko nieznacznie wymieszany z kłaczkami, który po przepłukaniu, wysuszono i zważono. Najbardziej prawdopodobne pochodzenie piasku to najdrobniejsza frakcja wyniesiona z filtrów węglowych podczas płukania wspomaganego sprężonym powietrzem. Nie można jednak wykluczyć wprowadzenia go przez użytkowników kąpiących się a nawet personel obsługi basenu. W celu wyjaśnienia tej kwestii przeprowadzono analizę sitową piasku z dna basenu, która wykazała, że ziarna mieściły się w przedziale wielkości się od 0,06 mm do 0,8 mm, patrz wykresy na rys.7 i rys. 8. W niektórych próbkach zauważono oprócz piasku produkty korozji, rys 9.

Jak widać na rys. 7 i 8 najwięcej było ziaren piasku o średnicy 0,3 mm. Analiza sito-wa "mułku" z najdrobniejszej (0,4-0,8 mm) frakcji złoża piaskowo-żwirowego w filtrze węglowym wskazała na rozkład podobny do uzyskanego dla III warstwy osadu dennego na rys. 7 i 8, co oznacza, że piasek został wymyty i przeniesiony z filtra do niecki base-nowej.

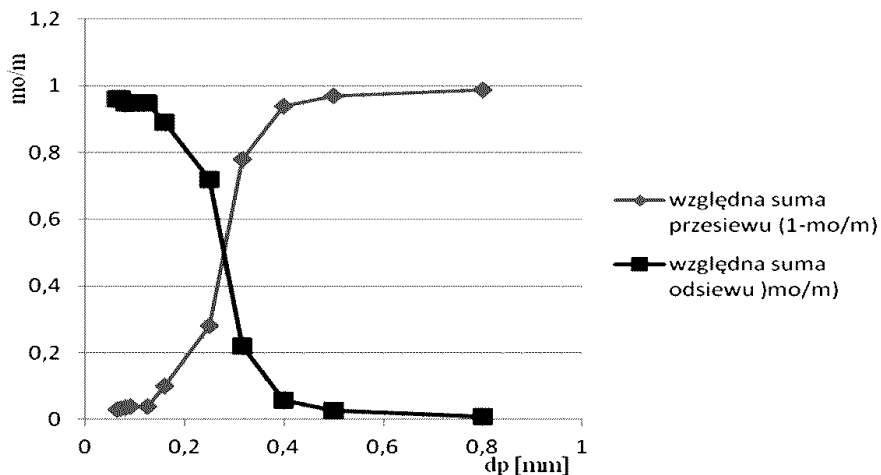
Analiza termiczna

Celem poznania udziału związków węgla w wysuszonym osadzie dennym przeprowadzono analizę termiczną na derywatografie Q-100 D, *Paulik, Paulik* ERDEY, MOM Budapest, dla wysuszonej i rozdrobnionej zawiesiny z warstwy II i III. Przykładowe derywatogramy przedstawiono na rys. 10 dla warstwy II i rys. 11 dla warstwy III. Próbkę warstwy III zawierała 45% piasku kwarcowego w odróżnieniu od warstwy II zawierającej 16,5%. Obie próbki zawierały porównywalne ilości substancji organicznych w obu zakresach łatwo i trudno rozkładających się substancji organicznych. Prawdopodobnie substancje nie adsorbowały się preferencyjnie na ziarnach piasku. Stratę masy dla próbek (z wyłączeniem piasku kwarcowego) z obu warstw przedstawiono w tabeli 5 z wyłączeniem pozostałości dla temperatury powyżej 1000°C.



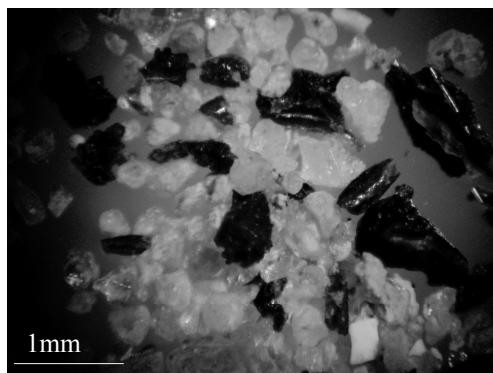
Rys. 7. Względne gęstości poszczególnych klas ziarnowych z krzywą względną gęstości rozkładu wielkości cząstek

Fig. 7. The relative density of each class of grain with the curve of the relative density of the particle size distribution



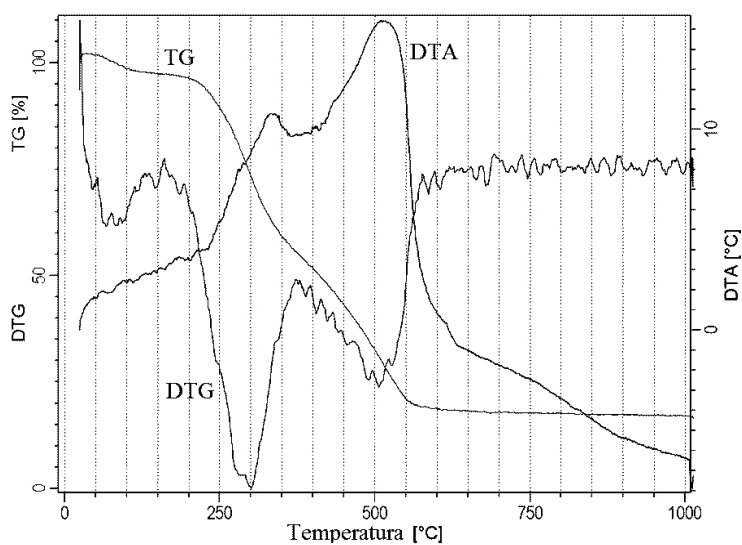
Rys. 8. Krzywa ziarnowa (dystrybuanta) dla piasku warstwy III

Fig. 8. Cumulative size distribution of sand from layer III



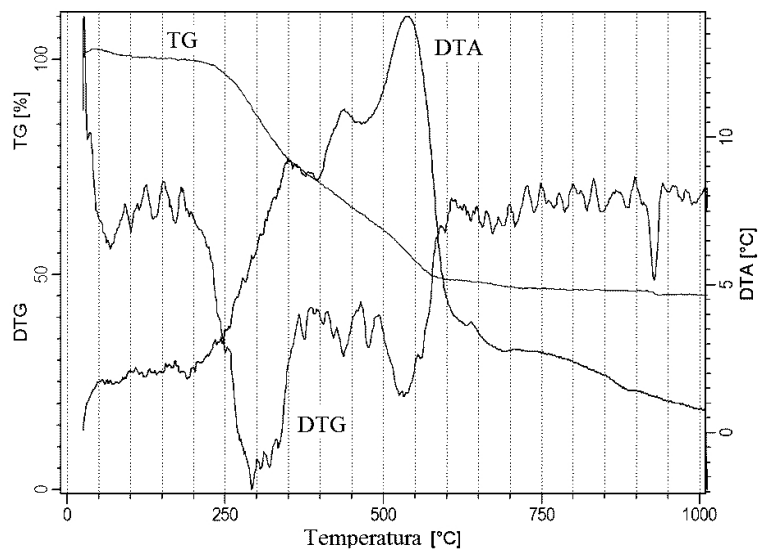
Rys. 9. Zdjęcie mikroskopowe warstwy III - piasek z produktami korozji, powiększenie 40x

Fig. 9. Microscopic photograph of layer III - sand with the corrosion products, magnification 40x



Rys. 10. Wyniki analizy termicznej dla wysuszonej zawiesiny z warstwy II

Fig. 10 The results of thermal analysis for the dried sediment from layer II



Rys. 11. Wyniki analizy termicznej dla wysuszonej zawiesiny z warstwy III

Fig. 11 The results of thermal analysis for the dried sediment from layer III

W analizie termicznej wyróżnia się cztery zakresy temperatury. Zakres wody (do 200°C), łatwo rozkładające się substancje organiczne (200°C-450°C), trudno rozkładające się substancje organiczne (450°C-550°C) i substancje nieorganiczne (powyżej 550°C). Zakresy te są przybliżone gdyż pewne substancje powodują piki poza swoimi zakresami. Jednakże różnice utraty masy na krzywych TG bezpośrednio wskazują na różnice składu masy.

Tab. 5. Strata masy w analizie termicznej z wyłączeniem pozostałości powyżej 1000°C

Tab. 5. Mass loss in thermal analysis, results exclude remaining mass above 1000°C

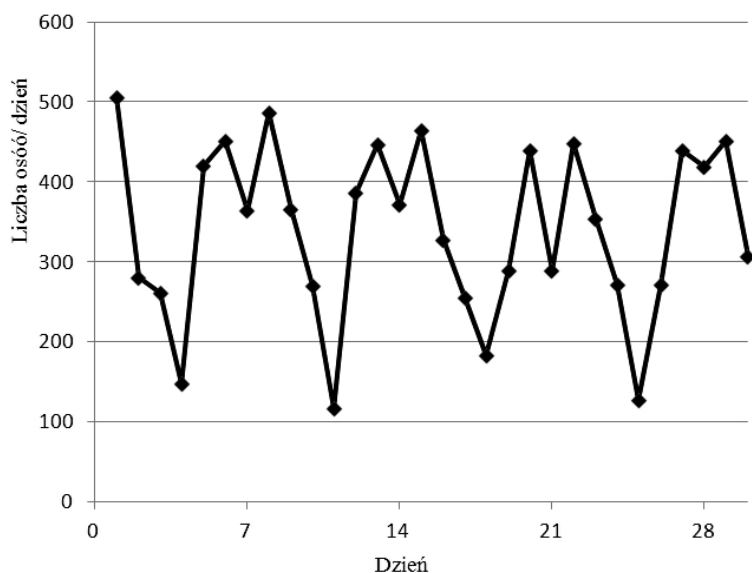
Zakres temperatur [°C]	Spadek masy [%]	
	warstwa 2	warstwa 3
do 200	4.4	0.4
200 – 450	63.8	62.2
450 – 550	26.4	23.0
powyżej 550	5.4	14.4

3. Skład i właściwości osadu dennego a liczba użytkowników basenu

Całodzienna liczba kąpiących się zmienia się w zależności od dnia tygodnia, patrz rys. 12. Najwięcej osób korzystało z basenu w czwartki, średnia liczba osób to 471, zaś najmniej w niedzielę – średnio 144. Wraz z obłożeniem basenu zmieniało się nieznacznie przewodnictwo, jego wartość średnia w dniach wykonywania badań wyniosła odpowiednio 2,4 mS w czwartki oraz 1,8 mS w niedzielę, rys. 13. Przewodnictwo wskazuje na obecność substancji rozpuszczonych pochodzących od kąpiących się jak i na rozpuszczalne związki chemiczne dodawane do wody basenowej celem dezynfekcji i korekty pH. Średnia liczba użytkowników 333 osoby na dobę nie oddaje więc fluktuacji stężenia zanieczyszczeń oraz okresowego obciążenia instalacji uzdatniania wody.

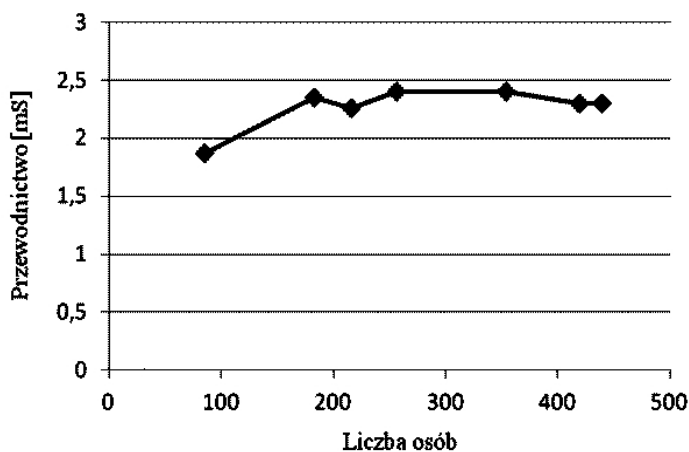
Na rys. 14 przedstawiono ilość suchej masy osadu dennego (po wysuszeniu w suszarce w 105 °C) przypadającą na jedną osobę. Ilość suchej masy osadu dennego z warstwy 2 w przeliczeniu na 1 osobę kąpiącą się w ciągu doby, t.j. po odjęciu zanieczyszczeń makro oraz piasku, wyniosła 0,048 g i pozostawała w przybliżeniu stała, natomiast całkowita ilość osadu powinna się zwiększać liniowo w miarę wzrostu liczby użytkowników basenu. Z wykresu na rys 14 liniowość nie jest zachowana. Im więcej osób korzystało z basenu tym więcej osadu gromadziło się na dnie basenu. Na rys. 14 przedstawiono zależność liczby osób względem suchej masy, którą otrzymano

Z kolei wyniki analizy termicznej osadu z warstwy 2 ujawniły zależność pomiędzy liczbą osób kąpiących się w basenie w ciągu doby a ubytkiem masy próbki. Im więcej osób korzystało z basenu tym był mniejszy ubytek masy i tym w niższej temperaturze nastąpiło drugie minimum, rys. 15.



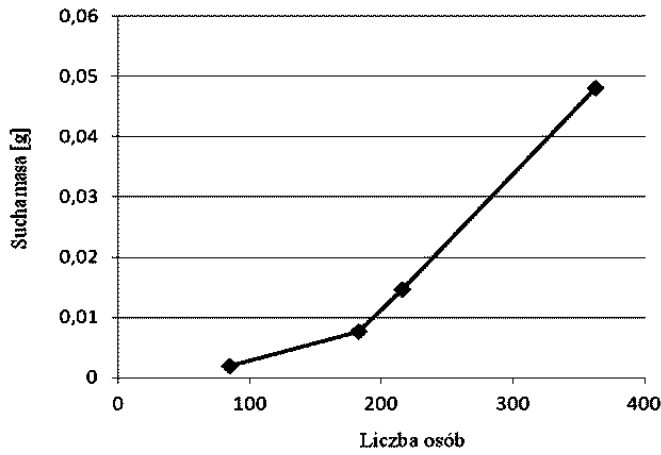
Rys. 12. Liczba osób kąpiących się w ciągu miesiąca

Fig. 12. Number of daily swimmers in one month



Rys. 13. Zależność przewodnictwa wody basenowej od liczby osób kąpiących się

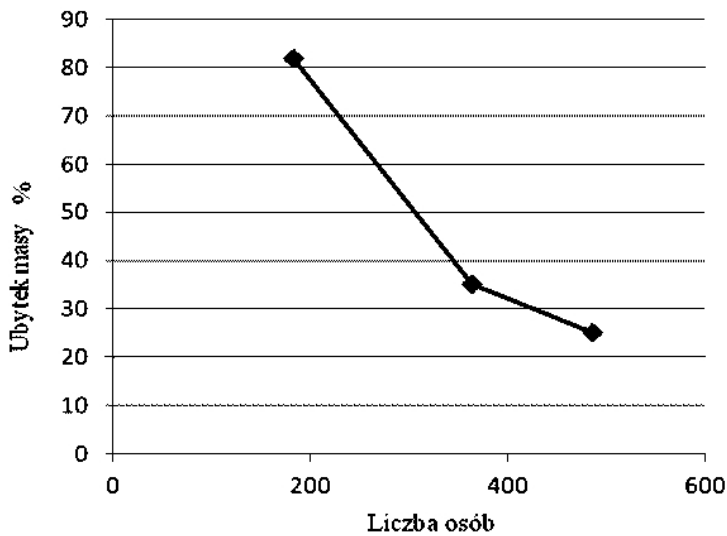
Fig. 13. Dependence of pool water conductivity on the number of bathers



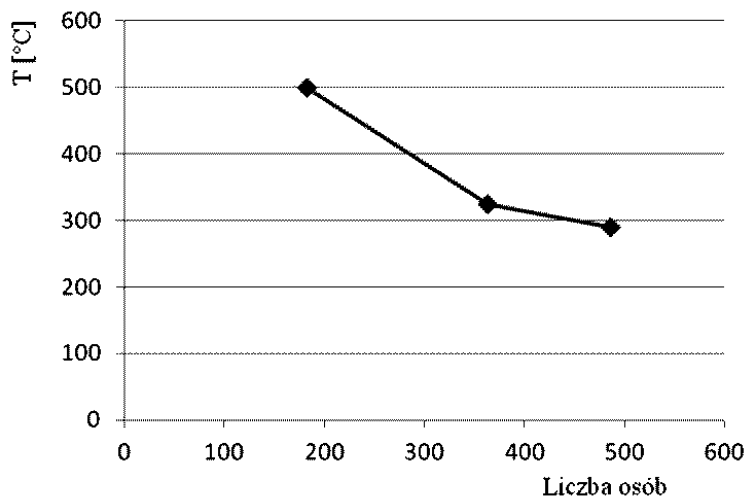
Rys. 14. Liczba osób względem suchej masy

Fig. 14. Number of persons to the dry mass

a)



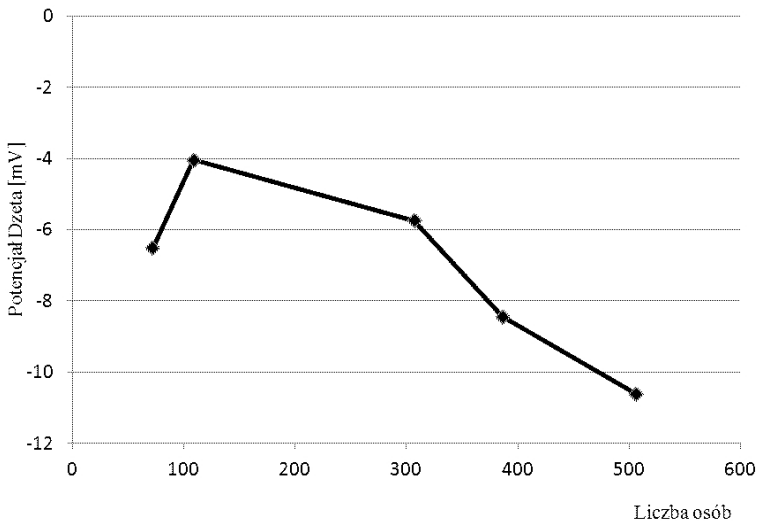
b)



Rys. 15. Korelacja badań deritograficznych z dobową liczbą osób na basenie;
a) ubytek masy wg krzywej DTA; b) ubytek masy w funkcji temperatury

Fig. 15. Relationship between a) the number of people Bathing and weight loss,
b) weight loss versus temperature

Zauważono również zmianę rozkładu wielkości kłaczków w warstwie I oraz II w zależności od liczby osób kąpiących się, a także istnieje pewna korelacja odnośnie wartości potencjału zeta, patrz rys. 16.



Rys. 16. Zależność potencjału zeta kłaczków osadu w warstwie II w funkcji liczby osób korzystających dobowo z basenu

Fig. 16. The dependence of the zeta potential of sediment flocs in layer II as a function of number of people using the pool per day

4. Uwagi końcowe

Pomimo poprawnego chlorowania wody ($0,5 \text{ mg/dm}^3$) i okresowego przechorowania wody (2 mg/dm^3), przy poprawnie działającej instalacji oczyszczania wody i codziennym czyszczeniu niecki basenu odkurzaczem wodnym w badanym basenie tworzył się biofilm a zarazem osad denny, w których rezydowały żywe organizmy.

Przebieg formowania się osadu dennego w basenach kąpielowych nie został dotychczas dostatecznie poznany, na ile w jego skład wchodziły cząstki zanieczyszczeń bezpośrednich (od osób korzystających z basenu), które osiadły na dnie lub zostały przechwycone przez biofilm, a na ile cząstki substancji, które wydostały się z filtrów oczyszczających wodę, szczególnie w trakcie przemywania.

Z uwagi na znaczną zawartość substancji rozpuszczonych (a zarazem siłę jonową wody) podwójna warstwa elektryczna ulega kompresji zaś potencjał zeta poniżej -10 mV pozwala na szybką flokulację zanieczyszczeń koloidalnych, a więc formowanie się osadu dennego.

Bibliografia

- [1] Korkosz, A., Hupka, J. Unieszkodliwianie odpadów z uzdatniania wody basenowej. Materiały VIII Konferencji Technologie Bezodpadowe i Zagospodarowanie Odpadów w Przemysle i Rolnictwie, Międzyzdroje, 15-18 czerwiec 2010, 143-146
- [2] Wyczarska-Kokot, J., Piechurski, F. Ocena skuteczności filtracji wody i jakości wód popłucznych. *Ochrona Środowiska*, 2002, 1 (84), 33-36
- [3] Leszczyńska M., S.M., Szkodliwość i toksyczność osadów i popłuczyn z procesu uzdatniania wody. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2009, 40, 575-585
- [4] Gajewska, J. Cieniek, K. Identyfikacja mikroorganizmów tworzących biofilmy na filtrach basenowych. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2009, 41, 310-321
- [5] Wiercik, P., Domańska, M. Wpływ recyrkulacji popłuczyn na jakość wody uzdatnionej. *Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 2011, 54, 333-343
- [6] Wyczarska-Kokot, J., Piechurski F. Ocena możliwości zagospodarowania wód popłucznych z instalacji basenowych, Mat. Konf. „Instalacje Basenowe”, Politechnika Śląska *Ustroń 2001*, 103-116
- [7] Keuten, M.G.A., V.J.Q.J.C., van Dijk J.C., van Loosdrecht M.C.M, Biofilm formation at non chlorinated swimming pool conditions. Mat. Konf. Swimming Pool and Spa International Conference, *London*, 17-20 marzec 2009, 1-6.
- [8] Greinert, J., Furtado, D., Smith, J., Monte Barardi, Célia, Simões C., Detection of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in swimming pool filter backwash water concentrates by flocculation and immunomagnetic separation. *International Journal of Environmental Health Research*, 2004, 14 (6), 395-404
- [9.] Shields, J. M., Gleim, E.R., Beach, M.J., Prevalence of *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* intestinalis in Swimming Pools. Atlanta, *Georgia Emerging Infectious Diseases*, 2008, 14 (6), 948-950
- [10] Leszczyńska, M., Substancje szkodliwe w osadach i popłuczynach z uzdatniania wody. *Technologia Wody*, 2009, 2, 7-13
- [11] Kirchmann, H., Pettersson, S. Human urine- Chemical composition and fertilizer use efficiency. *Fertilizer Research*, 1995, 40, 149-154
- [12] Hammond, K.B., Turcios, N.L., Gibson, L.E. Clinical evaluation of the macroduct sweat collection system and conductivity analyzer in the diagnosis of cystic fibrosis. *The Journal of pediatrics*, 1994, 124 (2), 255-260
- [13.] König, H. Chemical composition of cell envelopes of methanogenic bacteria isolated from human and animal feces. *Systematic and Applied Microbiology*, 1986, 8 (3), 159-162
- [14] Polkowska, Ż., Kozłowska, K., Namieśnik, J. Nowe horyzonty i wyzwania w analityce i monitoringu środowiskowym. Centrum Doskonałości Analityki i Monitoringu Środowiskowego (CEEAM), ed. Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, 2003.

- [15] Edgar, W.M. Saliva: its secretion, composition and functions. *British Dental Journal*, 1992, 172 (8), 305-312
- [16] Cole, A.M., Dewan, P., Ganz, T., Innate Antimicrobial Activity of Nasal Secretions. *Infection and Immunity*, 1999, 67 (7), 3267-3275
- [17] Deplancke, B., Gaskins, H.R., Microbial modulation of innate defense: goblet cells and the intestinal mucus layer. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2001, 73(6), 1131S-1141S
- [18] Said, T.M., Ranga, G. Agarwal A. Relationship between semen quality and tobacco chewing in men undergoing infertility evaluation. *Fertility Sterility*, 2005, 84, 649-653
- [19] Frey, W.H. 2nd, Desota-Johnson, D., Hoffman, C., McCall, J.T., Effect of stimulus on the chemical composition of human tears. *American Journal of Ophthalmology*, 1981, 92 (4), 559
- [20] Kabat, E.A. Blood Group Substances. Their Chemistry and Immunochemistry. Blood group substances. Their Chemistry and Immunochemistry., 1956.
- [21] Korkosz, A., Niewiadomski, M., Hupka, J. Investigation of properties of swimming pool water treatment sediments. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 2011, 46, 243-252
- [22] Korkosz, A., Janczarek, M., Aranowski, R., Rzechuła, J., Hupka, J., Efficiency of deep bed filtration in treatment of swimming pool water. *Physicochemical Problems Mineral Processing*, 2010, 44, 103-113

