

BOŻENA RANKE-RYBICKA

WPLYW ROZWARSTWIANIA SIĘ MIESZANINY WODA-OLEJE MINERALNE NA PLANKTON I SANITARNA OCENĘ JAKOŚCI WODY

CZ. II. BADANIA HYDROBIOLOGICZNE EKOSYSTEMU MODELOWEGO *

Z. Zakładu Higieny Komunalnej Państwowego Zakładu Higieny w Warszawie
Kierownik: prof. dr hab. Z. J. Brzeziński

Na podstawie badań w ekosystemie modelowym dokonano oceny wpływu rozwarstwiającej się mieszaniny woda-olej napędowy i woda-olej turbinowy na właściwości fizyczno-chemiczne wody i zmiany ilościowo-jakościowe planktonu oraz w związku z tym na sanitarną ocenę jakości wody.

Praca niniejsza jest kontynuacją badań wpływu rozwarstwienia się mieszaniny woda-oleje mineralne na plankton. Poprzednie opracowanie [5] dotyczyło oddziaływania emulsji olejowej na gatunek planktonowy — *Daphnia magna Straus* w warunkach laboratoryjnych. Badania przedstawione w niniejszym opracowaniu miały na celu uchwycenie zmian ilościowo-jakościowych planktonu w ekosystemie modelowym oraz prześledzenie zmian właściwości fizyczno-chemicznych wody pod wpływem mieszaniny woda-olej napędowy i woda-olej turbinowy.

MATERIAŁ I METODY

Opis zbiornika

Zaprojektowano i wykonano zbiornik ziemny o wymiarach: 70 × 70 × 270 cm. Zbiornik ten wyłożono nietoksyczną folią polietylenową produkcji krajowej [1]. Do dna zbiornika umocowano szczelną przegrodę z folii, która po ustawieniu pionowym dzieliła zbiornik na dwie równe objętościowo części (ryc. 1A i B).

METODYKA BADAŃ

Po napełnieniu zbiornika wodą pochodzącą ze zbiornika naturalnego („Morskie Oko”) i ustaleniu równowagi biologicznej podniesiono przegrodę (ryc. 1—C), uzyskując dwa zbiorniki zawierające takie same zespoły organizmów wodnych:

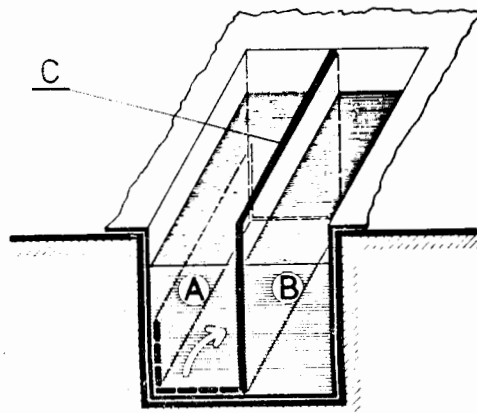
zbiornik A — kontrolny, niezanieczyszczony olejem

zbiornik B — do którego wprowadzano w badaniach emulsję olejową.

Zastosowanie ruchomej przegrody umożliwiło obserwację przebiegu zmian właściwości fizyczno-chemicznych wody oraz zmian ilościowo-jakościowych planktonu jednego i drugiego zbiornika w stosunku do identycznego stanu początkowego.

Badania prowadzono w sezonie wegetacyjnym dwóch kolejnych lat, stosując olej napędowy i olej turbinowy (charakterystykę olejów podano w poprzednim opracowaniu).

* Praca wykonana częściowo w ramach problemu MR-12.



- A - zbiornik kontrolny
 B - zbiornik, do którego wprowadzono emulsję wodno-olejową
 C - ruchoma przegroda

Rycina 1. Schemat zbiornika eksperymentalnego.

Wytwarzanie emulsji i wprowadzanie jej do wody

Ze zbiornika B pobrano trzy dziesięciolitrowe próbki wody pozbawione organizmów planktonowych (organizmy te po odsączeniu wody wprowadzano ponownie do zbiornika). Po dodaniu oleju do wody przygotowywano emulsję, stosując przez 25 minut mieszadło z szybkością obrotów — 2500/minutę. Emulsję przygotowywano w taki sposób, aby zawartość oleju w wodzie zbiornika B wynosiła $0,1 \text{ mg/dm}^3$.

Emulsję wprowadzano do przydennej warstwy wody rurkami szklanymi umieszczonymi w tubusach butli.

Pobieranie próbek wody i ich analiza hydrobiologiczna i fizyczno-chemiczna

Próbki do badań pobierano z powierzchniowej warstwy wody przyrządem konstrukcji własnej [4]. Do badań hydrobiologicznych pobierano próbki ze zbiornika A i B przed rozpoczęciem eksperymentów oraz po upływie 0,5; 1; 24; 48 i 336 godzin (14 dni) od chwili wprowadzenia zdyspergowanego oleju do zbiornika B. Jednorazowo z każdego zbiornika pobierano po 5 próbek o objętości $0,1 \text{ dm}^3$. Zagęszczone próbki przeglądano w całości, w komorze *Sedwicka-Raftera*, pod mikroskopem, stosując odpowiednie powiększenia. Określano liczbę, przynależność systematyczną oraz przynależność poszczególnych organizmów do czterech głównych stref systemu saprobowego. Interpretację wyników prowadzono zgodnie z metodą *Pantlego* i *Bucka* [3, 5].

Do badań fizyczno-chemicznych pobierano z powierzchniowej warstwy obydwu zbiorników próbki wody o objętości 1 dm^3 , przed rozpoczęciem eksperymentów i po upływie 1; 24; 48 i 336 godz. (14 dni) od czasu wprowadzenia do zbiornika B zdyspergowanego oleju. Oznaczano następujące wskaźniki: pH, barwę, zapach, mętność, azotany (N_{NO_3}) azotyny (N_{NO_2}), amoniak (N_{NH_4}), według metodyki *Justa* i *Hermanowicza* [2].

WYNIKI BADAŃ WYKONANYCH W EKOSYSTEMIE MODELOWYM

Zmiany właściwości fizyczno-chemicznych
powierzchniowej warstwy wody
w miarę rozwarstwiania się mieszaniny woda-olej

W zbiorniku kontrolnym (A) woda w trakcie prowadzenia badań nie wykazywała zmian właściwości fizyczno-chemicznych w stosunku do stanu początkowego. Natomiast w zbiorniku zanieczyszczonym emulsją oleju napędowego, po upływie jednej godziny od doprowadzenia zemułgowanego oleju do przydennej warstwy wody, wystąpiły zmiany cech fizyczno-chemicznych jej powierzchniowej warstwy (tab. I).

Tabela I. Zmiany właściwości fizyczno-chemicznych powierzchniowej warstwy wody w zbiorniku B pod wpływem emulsji oleju napędowego

Czas	Wskaźniki właściwości fizyczno-chemicznych									
	pH	barwa mgPt ₁ /dm ³	zapach stopnie	mętność mg/dm ³	azotany mg NNO ₃ /dm ³	azotyny mg N NH ₂ /dm ³	amoniak mg N NH ₄ /dm ³	utlenialność mg O ₂ /dm ³	BZT ₅ mg O ₂ /dm ³	tlen rozpuszczony mg O ₂ /dm ³
Przed wprowadzeniem emulsji do wody*	7,9	80	z2R	5	0,4	0,012	0,2	13,8	2,6	6,8
1 h po wprowadzeniu emulsji do wody	7,9	80	z4S nafty	20	0,4	0,012	0,2	13,8	6,8	7,2
24 h po wprowadzeniu emulsji do wody	7,5	80	z4S nafty	10	0,6	0,02	0,6	15,0	7,2	7,0
48 h po wprowadzeniu emulsji do wody	7,5	80	z4S nafty	10	0,10	0,02	0,6	15,0	8,4	7,0
14 dni po wprowadzeniu emulsji do wody	7,1	130	z4S nafty	10	0,14	0,6	0,9	16,0	9,2	5,6

* W zbiorniku A wartości wskaźników właściwości fizyczno-chemicznych wody pozostawały na poziomie stanu wyjściowego.

Woda nabrała specyficznego, utrzymującego się przez 14 dni zapachu nafty (na poziomie z4S). Wzrosła w znacznym stopniu zawartość azotanów, azotynów i amoniaku. Zwiększyła się również wartość BZT₅. Zmiany powyższe świadczą o intensyfikacji procesów nityfikacyjnych.

Badania wykonane w analogiczny sposób z emulsją oleju turbinowego wskazywały na podobną dynamikę zmian właściwości fizyczno-chemicznych w stosunku do stanu początkowego.

Porównując dynamikę wynurzania się na powierzchnię oleju napędowego i turbinowego z rozwarstwiającej się emulsji i tempo zanikania tych olejów, stwierdzić można, że największe ich ilości nagromadziły się na powierzchni wody po upływie 48 godzin (tab. II).

Tabela II. Zmiany zawartości oleju w powierzchniowej warstwie wody ekosystemu modelowego zanieczyszczonego zdyspergowanym olejem

Czas (h)	Woda zanieczyszczona olejem napędowym (ekstrakt CCl ₄ (mg/dm ³))	Woda zanieczyszczona olejem turbinowym (ekstrakt CCl ₄ (mg/dm ³))
Przed wprowadzeniem emulsji do wody*)	2,8	4,7
1 h po wprowadzeniu emulsji do wody	23,9	30,7
24 h po wprowadzeniu emulsji do wody	38,1	33,7
48 h po wprowadzeniu emulsji do wody	42,9	52,4
14 dni po wprowadzeniu emulsji do wody	20,1	28,7

* W zbiorniku kontrolnym zawartość oleju utrzymywała się przez 14 dni na poziomie stanu wyjściowego.

Dynamika zanikania oleju napędowego i turbinowego z powierzchniowej warstwy wody była podobną, mimo różnic właściwości fizyczno-chemicznych tych olejów. Dla oleju napędowego wynosiła 21,8 a dla oleju turbinowego 23,4 mg/dm³ w ciągu 14 dni. Zaznaczyć należy, że wprowadzone do przydennej warstwy wody drobno zdyspergowane oleje po wynurzeniu się na jej powierzchnię tworzyły warstwę, która nie wpływała hamująco na wymianę gazową między wodą a powietrzem atmosferycznym.

Wpływ rozwarstwiania się mieszaniny woda-olej na organizmy planktonowe

Badania hydrobiologiczne wody zbiornika modelowego przeprowadzone przed rozpoczęciem doświadczeń wykazały obecność następujących organizmów roślinnych i zwierzęcych.

a. Cyanophyta

Oscillatoria formosa Bory., *O. putrida* Schmidle

b. *Euglenophyta*

Euglena acus Ehr., *E. viridis* Ehr.

c. *Chrysophyta*c₁. *Bacillariophyceae*

Synedra acus Kutz., *Asterionella formosa* Hass., *Naviculla* sp.

d. *Chlorophyta*d₁. *Chlorococcales*

Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh., *P. duplex* Meyen., *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kutz., *S. acuminatus* (Lagerh.) Chodat., *S. quadricauda* (Turp.) Breb., *Cosmarium Borytis* Menegh.

e. *Protozoa*e₁. *Flagellata* (n. det.)e₂. *Testacea*

Arcella vulgaris Ehr.

e₃. *Ciliata*

Lionotus varsoviensis Wrześń, *Glaucoma scintillans* Ehr., *G. pyriformis* Schew., *Colpidium colpoda* (Ehr.) Stein., *Euplotes patella* Ehr., *Strombidium viridae* Stein., *Stentor niger* (Mull.) Ehr., *Vorticella microstoma* Ehr., *V. convalaria* (L) Noland.

f. *Rotatoria*

Brachionus urceolaris Mull., *Keratella cochlearis* Gosse., *K. quadrata* Mull., *Lecane luna* Mull., *Asplanchna priodonta* Gosse., *Rotaria rotatoria* (Pall.)

g. *Copepoda*

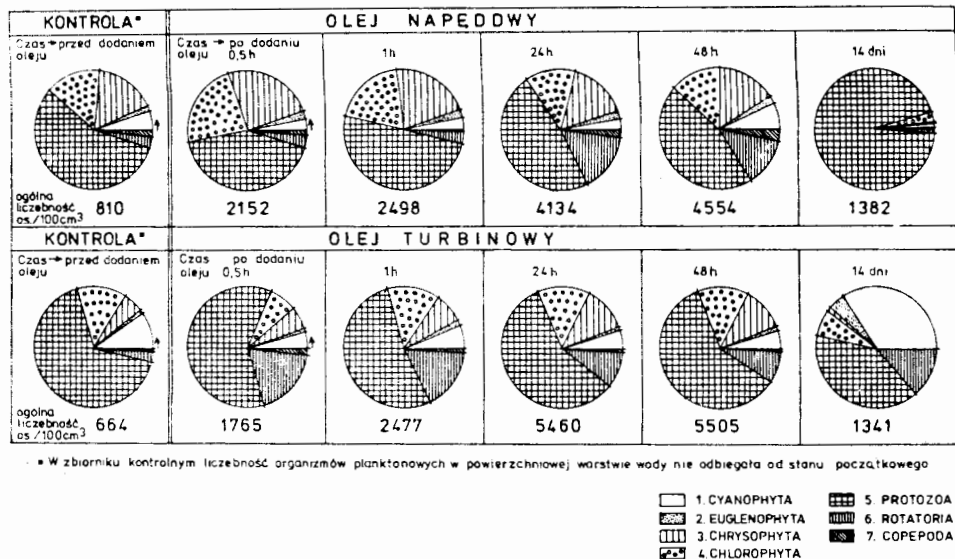
Cyclops strenuus Fisch., *Eudiaptomus gracilis* Sars., *Copepoda nauplii*.

Ogólna liczebność* organizmów występujących w powierzchniowej warstwie wody zbiornika modelowego, przed wprowadzeniem emulsji oleju napędowego wynosiła 810 osobników. Wśród organizmów roślinnych dominowały *Asterionella formosa*, natomiast organizmy zwierzęce najliczniej były reprezentowane przez *Arcella vulgaris*.

W zbiorniku kontrolnym — A — liczebność organizmów przez cały czas trwania doświadczeń utrzymywała się na poziomie nie odbiegającym od początkowego, natomiast w zbiorniku B, po pół godzinie liczebność organizmów w powierzchniowej warstwie wody wzrosła prawie 3-krotnie w stosunku do liczebności początkowej a po 48 godzinach wzrosła prawie 5-krotnie (ryc. 2).

Po upływie 14 dni zarysowały się zmiany ilościowo-jakościowe planktonu w powierzchniowej warstwie wody zbiornika zanieczyszczonego olejem napędowym. Nastąpiła redukcja liczby gatunków (z początkowej 31 do 17). W próbkach wody znaleziono nieliczne występujące organizmy roślinne (w maksymalnej liczbie 30 osobników — *Cosmarium botrytis*). Nie napotkano wrotków (*Rotatoria*) — poza sporadycznie występującym gatunkiem *Rotaria rotatoria* i widłonogów (*Copepoda*). Natomiast dość licznie reprezentowane były pierwotniaki (*Protozoa*), a zwłaszcza *Glaucoma pyriformis* (350 osobników) i *Colpidium colpoda* (400 osobników) przy prawie całkowitej redukcji liczebności *Arcella vulgaris* — gatunku początkowo dominującego. Ogólna liczebność organizmów w powierzchniowej warstwie wody po 14 dniach wynosiła 1380 osobników.

* Ogólna liczebność — liczba osobników wszystkich grup w 100 cm³ wody.



Rycina 2. Zmiany liczebności organizmów planktonowych w powierzchniowej warstwie wody pod wpływem rozwarstwiającej się emulsji (woda + olej napędowy).

Takie same doświadczenia, wykonane przy użyciu oleju turbinowego wykazały analogię w wynoszeniu na powierzchnię wody organizmów przez rozwarstwiająca się emulsję tego oleju. Przed wprowadzeniem emulsji oleju turbinowego do wody liczebność organizmów wynosiła 710 osobników. Najliczniej występowały: *Scenedesmus quadricauda* (85), *Arcella vulgaris* (150) i *Colpidium colpoda* (200) osobników.

Liczebność organizmów w powierzchniowej warstwie wody zbiornika kontrolnego A i zanieczyszczonego olejem turbinowym B, zaczęła różnić się po pół godzinie, wzrastając w zbiorniku B prawie ośmiokrotnie w czasie 48 godzin (5 506 osobników) w stosunku do liczebności początkowej.

Po upływie 14 dni nastąpiła redukcja liczby gatunków z 30 do 17 oraz prawie całkowita redukcja liczebności osobników początkowo dominujących.

Tak znaczne zmiany ilościowo-jakościowe badanego zespołu spowodowały zmiany stopnia zanieczyszczenia wody, określanego na podstawie wskaźnika saprobowości, stosowanego w rutynowych badaniach czystości wód.

W zbiorniku kontrolnym wartość wskaźnika saprobowości nie uległa istotnym zmianom. Natomiast pod wpływem rozwarstwiającej się emulsji woda-olej napędowy, po upływie 14 dni wartość wskaźnika zmieniła się w sposób istotny w stosunku do kontroli (tab. III).

W czasie badań z olejem turbinowym stwierdzono, że w zbiorniku kontrolnym wartość wskaźnika saprobowości S wahała się w ciągu 14 dni od 2,71 do 2,74.

Na podstawie wartości tego wskaźnika można było stwierdzić, że woda zbiornika kontrolnego A miała niezmiennie charakter alfa-mezosaprobowy.

Tabela III. Zmiany wskaźnika saprobowości S pod wpływem rozwarstwiającej się emulsji woda — olej napędowy w miarę upływu czasu

Czas (h)	Kontrola		Woda z emulsją olejową		t
	S	δ	S	δ	
0	2,58	0,09	2,58	0,09	0,0
0,5	2,58	0,10	2,52	0,09	0,44
1	2,62	0,10	2,53	0,09	0,69
24	2,60	0,10	2,68	0,09	0,57
48	2,62	0,10	2,70	0,09	0,57
336 (14 dni)	2,62	0,10	3,30	0,11	4,71

S — wartość wskaźnika saprobowości (średnia)

δ — błąd średniej,

t — wartość współczynnika istotności różnic (podkreślono różnice istotne na poziomie = 0,05).

Tabela IV. Zmiany wskaźnika saprobowości S pod wpływem rozwarstwiającej się emulsji woda — olej turbinowy w miarę upływu czasu

Czas (h)	Kontrola		Woda z emulsją olejową		t
	S	δ	S	δ	
0	2,74	0,12	2,74	0,12	0,0
0,5	2,71	0,12	3,00	0,12	1,73
1	2,74	0,12	2,03	0,15	3,73
24	2,74	0,12	2,72	0,11	0,12
48	2,76	0,12	2,95	0,11	1,17
336 (14 dni)	2,71	0,12	3,28	0,15	2,94

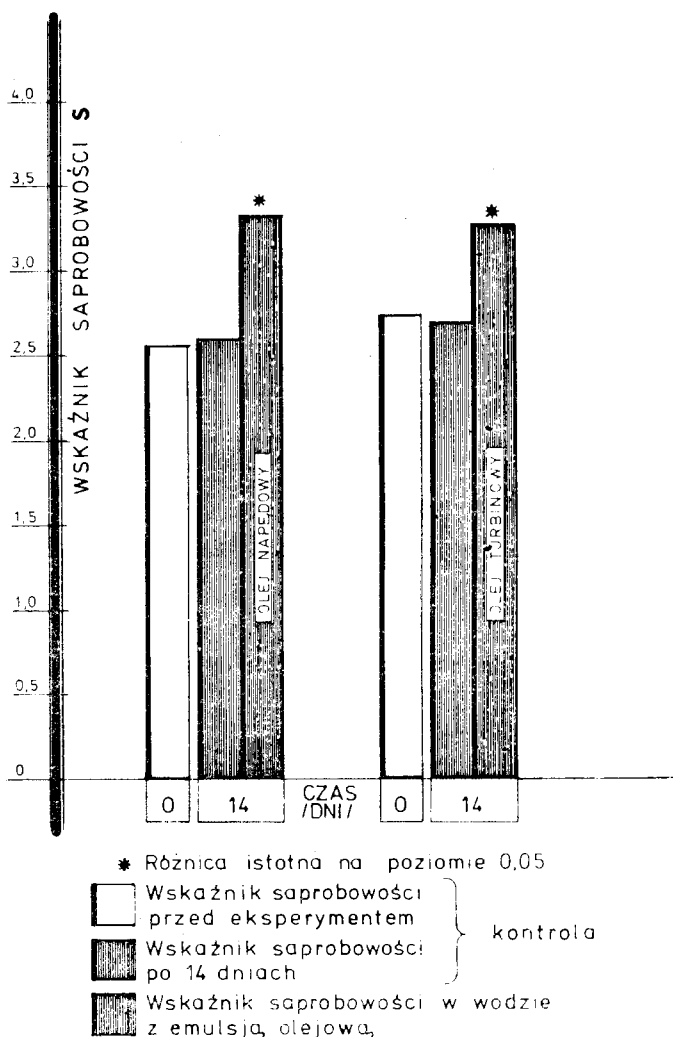
S — wartość wskaźnika saprobowości (średnia),

δ — błąd średniej,

t — wartość współczynnika istotności różnic (podkreślono różnice istotne na poziomie = 0,05).

Natomiast wartość wskaźnika saprobowości wody w zbiorniku B (zanieczyszczonej olejem turbinowym) po upływie jednej godziny obniżyła się do 2,03 (tab. IV).

Porównując zmiany wskaźnika saprobowości wody po upływie 2 tygodni od czasu wprowadzenia oleju do wody, można stwierdzić, że wartość tego wskaźnika zmieniła się istotnie w stosunku do stanu początkowego (ryc. 3), mimo że wodę zaliczyć można było do tej samej alfa-mezosaprobowej strefy.



Rycina 3. Wpływ oleju napędowego i turbinowego na saprobowość wody w zbiorniku modelowym.

W zbiorniku kontrolnym zmiana wartości wskaźnika saprobowości nie była istotna, natomiast w zbiorniku zanieczyszczonym olejem napędowym lub turbinowym zmiany te były znamienne statystycznie.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Badania wykonane w ekosystemie modelowym wykazały, że drobno zdyspergowana emulsja oleju napędowego lub turbinowego powoduje trwałe pogorszenie właściwości fizyczno-chemicznych wody a zwłaszcza zapachu i barwy oraz zakłócenie procesów nitrifikacyjnych. Rozwarstwianie się emulsji powoduje największe nagromadzenie oleju na powierzchni wody po upływie 48 godzin.

W tym czasie następuje wielokrotny wzrost liczby organizmów planktonowych w powierzchniowej warstwie wody, co prowadzi do zubożenia planktonu w toni wodnej, poprzez wynoszenie na powierzchnię, czyli flotację organizmów roślinnych i zwierzęcych. Organizmy wyniesione na powierzchnię i znajdujące się w warstwie wynurzonego oleju są niezdolne do życia.

Do powierzchniowej warstwy wody wynoszone są w pierwszym rzędzie najdrobniejsze organizmy — okrzemki i pierwotniaki, których wielkość (długość ciała) nie przekracza 150 μm i które mają ograniczone możliwości ucieczki.

Około 85% gatunków spośród roślin planktonowych jest wskaźnikiem wód czystych lub nieznacznie zanieczyszczonych. Masowe przemieszczanie tych organizmów do powierzchniowej warstwy wody przez rozwarstwiająca się emulsję powoduje obniżenie wskaźnika saprobowości i siłą rzeczy niewłaściwą ocenę badanej wody pod względem sanitarnym. Przykładem może być wartość wskaźnika saprobowości S wody w zbiorniku zanieczyszczonym olejem turbinowym po upływie jednej godziny od wprowadzenia emulsji do wody. Wartość wskaźnika obniżyła się znacznie, co wskazywałoby na możliwość określenia badanej wody jako nieznacznie zanieczyszczonej, beta-mezosaprobowej, wbrew widocznemu zanieczyszczeniu olejem.

Na podstawie badań wykonanych w ekosystemie modelowym można wysnuć następujące wnioski:

1. Drobnno zdyspergowany olej napędowy i olej turbinowy powoduje trwale pogorszenie właściwości fizyczno-chemicznych wody przy zawartości w wodzie 0,1 mg/dm³.

2. Rozwarstwiająca się mieszanina woda - olej napędowy i woda - olej turbinowy w analogiczny sposób wynosi (flotuje) na powierzchnię planktonowe organizmy roślinne i zwierzęce.

3. Flotacja organizmów planktonowych z toni wodnej przez rozwarstwiająca się emulsję prowadzić może do błędnej oceny sanitarnej jakości wody metodami hydrobiologicznymi.

4. Po upływie 14 dni od zanieczyszczenia wody drobnno zdyspergowanym olejem zaznaczają się wyraźne zmiany konfiguracji gatunków roślin i zwierząt planktonowych. W wodzie zanieczyszczonej olejem napędowym zaczynają dominować pierwotniaki, w wodzie zanieczyszczonej olejem turbinowym następuje znaczny rozwój ilościowy sinic, początkowo występujących nielicznie.

Б. Ранке-Рыбicka

ВЛИЯНИЕ РАССЛОЕНИЯ СМЕСИ ВОДА — МИНЕРАЛЬНЫЕ МАСЛА НА ПЛАНКТОН И САНИТАРНУЮ ОЦЕНКУ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Ч. II. Гидробиологические исследования модельной экосистемы

Резюме

Были проведены исследования физико-химических свойств воды а также количественно-качественных изменений планктона в модельной экосистеме, загрязнённой молкодиспергированным газовым и машинным маслом.

Было установлено, что наличие масла в воде вызывает стойкое ухудшение свойств воды, в особенности таких параметров, как запах, цвет, ВЗТ₅, N_{NO₂}, N_{NO₃}, N_{NH₄}. Установлено также, что расслаивающаяся смесь воды и минерального масла в течение 48 часов вызывает перемещение к поверхности воды значительного количества plankтонных организмов и способствует коли-

чественно-качественным изменениям в этой группе организмов. Это явление может быть причиной ошибок при санитарной оценке качества воды гидробиологическими методами.

B. Ranke-Rybicka

EFFECT OF WATER-MINERAL OIL MIXTURE DISSOCIATION ON PLANKTON
AND ON WATER QUALITY EVALUATION FROM THE STANDPOINT
OF HYGIENE

Part II. Hydrobiological investigations of a model ecosystem

Summary

The physico-chemical features of water and qualitative-quantitative changes of plankton were investigated in a model ecosystem contaminated with finely dispersed turbine oil and vehicle oil.

It was found that presence of oil in the water in the tank caused permanent worsening of the features of the water, especially such features as smell, colour, BZT_5 , N_{NO_2} , N_{NO_3} , N_{NH_4} . It was found also that the dissociating mixture of water and oil during 48 hours caused a rise to the surface of large amounts of plankton organisms and contributes to qualitative-quantitative changes in this group of organisms. This fact may be the cause of errors in hygienic evaluation of water by hydrobiological methods.

PISMIENICTWO

1. Higieniczna ocena tworzyw sztucznych w zakresie środków spożywczych, leków i przedmiotów użytku. Red. *Nikonorow M.* PZWL, Warszawa, 1972, 129—157. — 2. *Just J., Hermanowicz W.*: Fizyczne i chemiczne badania wody do picia i potrzeb gospodarczych. Wyd. II, PZWL, Warszawa, 1964. — 3. *Pantle R., Buck H.*: Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gass und Wasserfach*, 1955, 96, 604. — 4. *Ranke-Rybicka B., Łuczak J.*: Przyrządy do pobierania próbek wody pokrytej warstwą oleju mineralnego. *Roczn. PZH* 1975, 26, 617. — 5. *Ranke-Rybicka B.*: Wpływ rozwarstwiania się mieszaniny woda-oleje mineralne na plankton i sanitarną ocenę jakości wody. Cz. I. Badania w warunkach laboratoryjnych. *Roczn. PZH*, 1981, 32 (6). — 6. Unificiowane metody issledowania kaczestwa wod. Cz. III. *Sowiet Ekonomiczneskiej Wzaimopomoszczl. Atlas saprobnych organizmcw*, 229 pp., *Indikatory saprobnosti* 91 pp. Moskwa 1977.

Dn. 16 VII 1981 r.

00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24.