

Міністерство екології та природних ресурсів України
Державне управління екології та природних ресурсів
в Житомирській області

Державний агроекологічний університет

**Б.А.Шелудченко, В.В.Дорошенко,
В.І.Котков, І.А.Шелудченко,
М.В.Зосимович, Н.О.Пінчук**

ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ

**(частина II)
ГІДРОСФЕРА**

За редакцією Б.А.Шелудченка

*Навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів
III-IV рівні акредитації спеціальності
"Екологія та охорона навколишнього середовища"*

**Житомир,
Видавництво "Волинь", ДАУ
2001**

ББК 57.026; 631(4Укр)

I 62

Інженерна екологія. Ч.2. Гідросфера: (Навч. посіб.) / Б.А.Шелудченко, В.В.Дорощенко, В.І.Котков та ін.; За ред. Б.А.Шелудченка; (В надз. Державне управління екології та природних ресурсів в Житомирській області; Державний агроекологічний університет). - Житомир: Вид-во "Волинь", 2001. - 220 с.: іл.

ISBN 966-7390-43-8 ("Інженерна екологія", посібник)

ISBN 966-7390-98-5 (част. 2. "Гідросфера")

Рецензенти:

Доктор фізико-математичних наук, професор **В.І.Черняков** (Житомирський військовий інститут радіоелектроніки)

Кандидат технічних наук, доцент **П.М.Заброцький** (Державний агроекологічний університет)

Навчальний посібник має за мету ознайомити студентів спеціальності "Екологія та охорона навколишнього середовища" з загальними принципами екологічної безпеки гідросфери.

Для аграрних закладів освіти по курсам "Загальна гідрологія" та "Водопостачання, водовідвід і поліпшення якості води".

B.A.Sheludchenko, V.V.Doroschenko,
V.I.Kotkov, I.A.Sheludchenko,
N.V.Zosimovitch, N.O.Pinchuk

ENGINEERING ECOLOGY

(part II)
Hydrosphere

Edited by B.A. Shelydchenko

Zhytomyr, SAU
2001

The subject of engineering hydroecology.

Basik problems of natural water ecological safety.

Engineering hydroecology.

Water utiliration and supply.

Sewage water. Basic information about drainage systems.

The structure of drainage system.

Improvement of water quality.

Hydrosphere protection.

ЗМІСТ

I.	Предмет інженерної гідроекології.....	9
1.1.	Роль води в життєдіяльності людини.....	10
1.2.	Основні властивості води.....	11
1.3.	Розвиток гідроекології як науки.....	12
II.	Загальні проблеми екологічної безпеки природних вод.....	16
2.1.	Хімічне забруднення природних вод.....	16
2.2.	Проблема забруднення світового океану.....	20
2.3.	Скидання відходів в морські води з метою їх поховання (дампінг).....	27
2.4.	Теплові забруднення водойм.....	29
III.	Інженерна гідрологія.....	30
3.1.	Водні ресурси та їх використання.....	30
3.2.	Роль гідрографічного опису в інженерних оцінках гідрографічних явищ.....	31
3.3.	Гідрометричні спостереження і розрахунки	39
3.4.	Водний баланс ділянки суші.....	55
3.5.	Стік і його формування.....	59
3.6.	Регулювання водного балансу.....	66
3.7.	Середньорічний стік і його формування.....	81
3.8.	Внутрішній розподіл стоку.....	104
3.10.	Мінімальний стік.....	111
IV.	Водокористування і водопостачання.....	114
4.1.	Водні джерела та їх якісна оцінка.....	114

4.2.	Водокористувачі, їх права та обов'язки.....	115
4.3.	Схеми водокористування міст і промислових підприємств.....	117
4.4.	Норми водопостачання і водовідведення.....	120
4.5.	Визначення витрат води.....	121
4.6.	Будова систем водопостачання.....	123
V.	Стічні води. Основні відомості про водовідведення.....	138
VI.	Будова систем водовідведення.....	150
6.1.	Системи водовідведення населених пунктів	150
6.2.	Характерні особливості водовідвідних мереж.....	153
6.3.	Гідравлічний розрахунок водовідвідних трубопроводів.....	156
6.4.	Насосні станції водовідведення.....	157
VII.	Поліпшення якості води.....	160
7.1.	Шляхи забруднення водних джерел.....	160
7.2.	Очищення природних вод.....	163
7.3.	Очищення стічних вод.....	175
7.4.	Знезаражування води.....	195
7.5.	Очищення води від радіоактивних домішок	197
7.6.	Охорона водойм від забруднень стічними водами.....	199
VIII.	Охорона гідросфери.....	209
8.1.	Нормативно-правові основи охорони водних джерел.....	211

8.2.	Моніторинг гідросфери.....	211
8.3.	Водний кадастр.....	213
8.4.	Водоохоронні зони.....	214
8.5.	Особливості охорони малих річок.....	216
8.6.	Санітарні вимоги до розташування та режиму експлуатації підприємств і споруд, які впливають на якість води.....	218
	Література	219

***“ Природа не протирічить
людині,
якщо людина не протирічить
законам природи.”***

О.Герцен

I. ПРЕДМЕТ ІНЖЕНЕРНОЇ ГІДРОЕКОЛОГІЇ

Водні екосистеми є сукупністю взаємопов'язаних процесів і явищ поміж гідросферою та водокористувачами. Вони залежать і зумовлюють один одного. Жоден процес у водній екосистемі не може бути повністю зрозумілим, якщо розглядати його без зв'язку з іншими.

Раціональне використання і охорона водних ресурсів від забруднення, деградації і вичерпання на засадах системного природокористування дає можливість на науковій основі розв'язувати завдання, які пов'язані з забезпеченням всіх водокористувачів якісною водою, а також підтримання екологічної рівноваги на водних об'єктах.

Інженерна гідроекологія, базуючись на даних гідрометричних спостережень, закономірностях гідрологічних явищ, а також відомостях про стан і динаміку гідробіонтів у водних об'єктах, флори, фауни, ґрунтів і водно-повітряного режиму, на прилеглих територіях, які можуть бути одержані одночасно вченими різних напрямків (гідрологами, біологами, географами, хіміками, ґрунтознавцями), має давати розрахункові залежності для розробки заходів і прогнозів господарської діяльності в кожному конкретному регіоні.

Дані інженерної гідрології завжди були основою при проектуванні нових підприємств, гідростанцій, гребель, водосховищ, водозабірних споруд, меліорації земель, організації рибницьких господарств. Однак, ці дані носили, в основному, кількісний характер: витрати, об'єми, рівні і таке інше.

На останньому етапі розвитку суспільства в умовах

+4°C, на відміну від інших рідин, які мають найбільшу густину при температурі замерзання. З урахуванням того, що прісна вода замерзає при температурі 0°C, перетворюючись при цьому на лід з малою теплопроводністю, температура нижніх шарів води в річках і водоймах завжди взимку залишається на рівні 4°C. Це запобігає промерзанню річок і водойм до дна, а гідробіоти можуть існувати в найхолодніші зими.

Друга властивість води – її велика теплоємність, що зумовлює зменшення річних амплітуд коливання температури води в річках і водоймах. При зволоженні водою ґрунтів зменшується їх добова амплітуда коливання температури, що сприятливо відбивається на стані рослин в літні спекотні дні.

Третя властивість води – кипіння. Кипить вода при температурі 100°C. Однак атмосферний тиск при цьому має дорівнювати 1,033 технічної атмосфери. При зменшенні тиску температура кипіння знижується, а при збільшенні – зростає.

Вода має високі капілярні властивості, що дозволяє їй рухатись в різних напрямках незалежно від сили тяжіння. Це дозволяє забезпечити кореневу систему рослин вологою від доволі глибоко розташованих підземних вод.

Вода – добрий розчинник. Розчиняє майже всі речовини, окрім жирів та вуглеводів. При цьому, свої властивості вона не змінює.

1.3. Розвиток гідроекології як науки

Інженерна гідроекологія входить складовою частиною в загальну екологію. Загальна екологія вивчає закономірності руху як вод суші, так і вод морів та

океанів. На певному етапі розвитку цієї науки від неї відокремились в самостійні галузі: гляціологія, болотознавство і гідрологія. Вивчаючи інженерну гідроекологію, ми або зовсім не будемо торкатись цих частин гідрології суші, або будемо їх розглядати в контексті впливу на стік поверхневих вод.

Виходячи з методів вивчення поверхневих вод і етапів розвитку гідроекології як науки можна виокремити п'ять її складових частин:

1. *Гідрографія*, яка полягає у загальному описі водних об'єктів.

2. *Гідрометрія*, яка дає відомості про методики визначення різних характеристик водних об'єктів, а також первинний аналіз результатів цих визначень.

3. *Безпосередньо гідрологія*, яка узагальнюючи дані гідрометричних спостережень, вивчає суть і закономірність гідрологічних явищ.

4. *Інженерна гідрологія*, яка розробляє методи гідравлічних розрахунків і прогнозів кількісних величин стоку для різних галузей народного господарства.

5. *Інженерна гідроекологія*, яка має займатись не лише кількісною оцінкою, але і якісною оцінкою води, а також впливом змін у водному режимі на флору і фауну як у водних об'єктах, так і на прилеглих територіях.

Інженерна гідроекологія, як наука, пройшла поступово всі чотири попередніх етапи.

Перший етап, в основному, носив описовий і частково гідрометричний характер, тобто, його можна назвати гідрографічним. Цей період продовжувався декілька тисяч років і завершився в XIX столітті. Був описаний стан річок і водойм (глибина, ширина,

швидкості течії, можливість судноплавства, замерзання тощо). Відомості про гідрографічний опис можна одержати з російських літописів XV і XVI століть. В Україні такі спостереження і дослідження вела експедиція генерала Жилинського у 1873-1898 роках. Всі роботи виконувались в основному для потреб водного транспорту.

Другий етап почався у 20-ті роки XX століття. Його можна назвати гідроенергетичним, тобто роботи, в основному гідрометричні, виконувались з метою розвитку гідроенергетики. Спостереження велись за витратами і рівнями води, термічними і льодовими режимами, твердим стоком. Об'єктом вивчення були річки, озера, водосховища і, частково, водозбірні площі. В цей період починає розвиватись і інженерна гідрологія.

Третій етап (середина XX століття) характеризується в суспільстві значним розвитком промисловості, розбудовою міст; на великих площах виконуються меліоративні роботи. Виникає потреба в забезпеченні нових водокористувачів питною і технічною водою, від якої залежить їх розвиток. Потрібно було давати науково-обґрунтовану оцінку водних ресурсів з прогнозуванням їх на перспективу. Тому, в цей період не лише виконуються спостереження на водотоках і водоймах, але і вивчаються фізико-географічні, кліматичні і метеорологічні фактори, які зумовлюють величини стоку. Встановлюються розрахункові залежності, за якими можна розраховувати параметри стоку в недостатньо вивчених басейнах річок і водоймах. Виконується багато інженерно-гідрологічних розрахунків, особливо в зрошувальних меліораціях.

Наприкінці XX століття розвиток промисловості і сільського господарства, гідро- і теплоенергетики, приріст населення обумовив значне антропогенне

навантаження на природу і, в тому числі, на водні екосистеми. Багато річок і водойм опинилось в забрудненому стані, що, в свою чергу, призвело до зміни їх природного режиму, порушення екологічної рівноваги.

Якщо на перших етапах свого розвитку гідрологія не могла перетворюватись в гідроекологію через недостатню кількість даних спостережень, відсутність значної частини закономірностей в гідрологічних явищах, недостатність розвитку таких природознавчих наук як гідробіологія, гідрохімія, географія, то і екологія водних об'єктів була окремою наукою, біологічною за своїм характером.

На цьому етапі розвитку суспільства життєдіяльність людини і стан водних джерел опинились у взаємозалежності. Вода стала основою існування людства в багатьох регіонах Землі і, в тому числі, на Україні.

Тому, четвертий етап – це етап перетворення всіх складових частин загальної гідрології в гідроекологію, завданням якої є інженерні розрахунки заходів по забезпеченню людства водою у відповідній кількості і відповідної якості, що, в свою чергу, пов'язано з охороною водних об'єктів від забруднення, засмічення і вичерпування.

II. ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИРОДНИХ ВОД

Будь-яка водойма або водне джерело пов'язане з оточуючим природним середовищем. На них (водойму або джерело) впливають умови формування поверхневого або підземного водного стоку, різноманітні природні явища, промислове та комунальне будівництво, індустрія, аграрне виробництво, транспорт, господарська та побутова діяльність людини. Наслідком цих впливів є привнесення у водне середовище нових, невластивих їй речовин – забруднювачів, які погіршують якість води. Забруднення, які надходять до водного середовища, класифікують по-різному, в залежності від підходів, критеріїв та задач класифікації. Так, як правило, виокремлюють хімічне, фізичне та біологічне забруднення.

2.1. Хімічне забруднення природних вод

Хімічне забруднення є зміною природних хімічних властивостей води за рахунок збільшення в її складі шкідливих домішок як неорганічної (мінеральні солі, кислоти, лути, мулисті частинки), так і органічної (нафта і нафтопродукти, органічні рештки, поверхневоактивні речовини, пестициди тощо) природи.

2.1.1. Неорганічне забруднення природних вод. Основними неорганічними (мінеральними) забруднювачами прісних вод та світового океану є різноманітні хімічні сполуки, токсичні для мешканців водного середовища. Це сполуки мий'яку, свинцю, кадмію, ртуті, хрому, міді, фтору. Більшість з них

надходить у воду в результаті людської діяльності. Хімічні сполуки та важкі метали поглинаються фітопланктоном, а потім передаються по харчовому ланцюгу більш високоорганізованим організмам. Токсичний ефект деяких найпоширеніших забруднювачів наведено в табл.2.1.

Таблиця 2.1

**Рівні токсичного ефекту деяких забруднювачів
гідросфери**

Речовина	Планктон	Рако- подібні	Молоски	Риби
Мідь	+++	+++	+++	+++
Цинк	+	++	++	++
Свинець	-	+	+	+++
Ртуть	++++	+++	+++	+++
Кадмій	-	++	++	++++
Хлор	-	+++	++	+++
Роданід	-	++	+	++++
Цианід	-	+++	++	++++
Фтор	-	-	+	++
Сульфід	-	++	+	+++

Ступінь токсичності: (-) – відсутня; (+) – дуже незначна; (++) – незначна; (+++) – значна; (++++) – дуже значна.

Окрім перелічених в табл.2.1 речовин, до небезпечних забруднювачів водного середовища можна віднести також неорганічні кислоти та основи, які зумовлюють широкий діапазон рН водного середовища в межах до 15...18, тоді як риба в прісній і солоній воді може існувати лише в інтервалі кислотності рН 5,0...8,5.

Серед основних джерел забруднення гідросфери мінеральними речовинами та біогенними елементами маємо згадати підприємства харчової промисловості та

сільськогосподарське виробництво. Так, із зрошуваних ґрунтів щорічно вимивається близько $1,6 \cdot 10^4$ т солей. До 2010 року очікується зростання вимитих з ґрунту солей до $1,12 \cdot 10^5$ т/рік. Відходи, які містять ртуть, свинець та мідь локалізовані в окремих районах біля берегів. Однак, деяка їх частина виноситься далеко за межі територіальних вод. Забруднення ртуттю значно знижує первинну репродукцію морських екосистем, пригнічує розвиток екопланктону. Відходи, які містять ртуть, як правило, накопичуються в донних відкладеннях заток або гирлах річок. Подальша їх міграція супроводжується накопиченням метилової ртуті та її залученням до трофічних ланцюгів водних організмів. Так, наприклад, відомою стала хвороба Мінамата, вперше виявлена японськими вченими у людей, які вживали, як харч, рибу, зловлену в затоці Мінамата, в яку безконтрольно скидали промислові стоки з високими рівнями вмісту техногенної ртуті.

2.1.2. Органічне забруднення природних вод.

Серед розчинних речовин, які надходять до світового океану з суші, найбільше значення для мешканців водного середовища мають не лише мінеральні та біогенні елементи, але і органічні рештки. Винос до океану органічної речовини оцінюється в $(1,3 \dots 1,4) \cdot 10^9$ т/рік. Стічні води, які містять суспензії органічного походження або розчинені органічні речовини, згубно впливають на стан водойм. Випадаючи в осад, ці суспензії замулюють дно водойми, затримують розвиток або зупиняють життєдіяльність мікроорганізмів, які беруть участь в процесах самоочищення вод. В процесі перегнивання донних осадів можуть утворюватись шкідливі сполуки та отруйні речовини, які призводять до забруднення всієї води в річці або водоймі. Наявність суспензій ускладнює

також проникнення світла вглиб водойми, що призводить до сповільнення процесів фотосинтезу.

Однією з основних санітарних вимог до якості води є вміст у воді кисню. Шкідливу дію на якість води чинять всі забруднення, які так або інакше зменшують вміст кисню в ній: Поверхневоактивні речовини, жири, мастила, мастильні матеріали утворюють на поверхні води плівку, яка запобігає газообміну поміж джерелом водойми і атмосферою, що зменшує рівень насиченості води киснем. Значний обсяг органічних речовин, більшість з яких не властива природним водам, скидається в річки разом з промисловими та побутовими стоками. Збільшення забруднення водойм та водостоків спостерігається у всіх промислово розвинених країнах. Інформація про вміст деяких органічних речовин в промислових стічних водах наведено в табл. 2.2.

В зв'язку з високими темпами урбанізації і дещо уповільненим будівництвом очистних споруд або їх незадовільною експлуатацією, водні басейни і ґрунт забруднюються побутовими відходами. Особливо істотним є забруднення у водоймах з повільною течією або непроточних (водосховища, озера). Розкладаючись у водному середовищі, органічні відходи можуть трансформуватись у середовище придатне для розвитку патогенних організмів. Вода, забруднена органічними відходами, є практично непридатною для споживання її людиною та для інших потреб. Побутові відходи небезпечні не лише тим, що є джерелами певних хвороб людини (холера, тиф, дизентерія тощо), але і тим, що потребують для свого відновлення багато кисню. Якщо побутові стічні води надходять до водойм у великих кількостях, то вміст розчиненого кисню може зменшитись нижче рівня, необхідного для життя морських та прісноводних організмів.

Таблиця 2.2

Вміст деяких органічних речовин в промислових стічних водах

Забруднюючі речовини	Кількість в світових стоках, млн. т/рік
Нафтопродукти	26,563
Феноли	0,460
Відходи виробництва синтетичних волокон	5,500
Рослинні органічні рештки	0,170
Всього:	33,273

2.2. Проблема забруднення світового океану

2.2.1. Нафта і нафтопродукти. Нафта переважно складається з насичених аліфатичних та гідроароматичних вуглеводів, які поділяються на чотири класи:

2.2.1.1. Парафіни або алкени (до 90% загального складу) – стійкі речовини, молекули яких виражені прямим та розгалуженим ланцюгом атому вуглецю в кільці. Легким парафінам властива максимальна летючість і розчинність у воді.

2.2.1.2. Циклопарафіни (до 30...60% загального складу) – насичені циклічні сполуки з 5...6 атомів вуглецю в кільці. Окрім циклопентана та циклогексана в нафті зустрічаються біциклічні та поліциклічні сполуки цієї ж групи. Ці сполуки досить сталі до біологічного розкладення.

2.2.1.3. Ароматичні вуглеводи (до 20...40% загального складу) – ненасичені циклічні сполуки ряду бензола, які містять в кільці на 6 атомів вуглецю менше, ніж циклопарафіни. В нафті присутні летючі сполуки з молекулою у вигляді одинарного кільця (бензол, толуол, ксилол), а також біциклічні (нафталін) та напівциклічні (пірен) сполуки.

2.2.1.4. Олефіни або алкени (до 10% загального складу) – ненасичені нециклічні сполуки з одним або двома атомами водню біля кожного атома вуглецю в молекулі, яка має прямий або розгалужений ланцюг.

Нафта і нафтопродукти є найбільш поширеними забруднюючими речовинами світового океану. На початку 80-х років ХХ століття до океану щорічно надходило близько $1,6 \cdot 10^7$ т/рік нафти, що складало 10,23% її світового видобутку. Найбільші втрати нафти пов'язані з її транспортуванням з районів видобування. Аварійні ситуації, виливи за борт танкерів промислової та баластної води, - все це зумовлює присутність постійних полів забруднення на трасах морських шляхів. В період за 1962...1979 роки в результаті аварій в морське середовище надійшло близько $1,2 \cdot 10^7$ т нафти. Починаючи з 1964 року на дні Світового океану просвердлено близько двох тисяч свердловин, з яких лише через незначні ушкодження щорічно втрачається нафти близько 10^7 т/рік. Великі маси нафти та нафтопродуктів надходять до морів та океанів по річках з побутовими та зливними стоками. Обсяги забруднень з цих джерел становлять близько $2 \cdot 10^6$ т/рік по побутовим та 10^7 т/рік по промисловим стокам. Потрапляючи в морське середовище, нафта спочатку розтікається по

поверхні води у вигляді плівки, утворюючи шари різної товщини. За кольором плівки можна визначити її товщину (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Визначення потужності нафтової плівки за кольором

Зовнішній вигляд плівки	Товщина плівки, мкм	Кількість нафти, л/км ²
Ледве помітна	0,038	44
Сріблястий відблиск	0,076	88
Помітне зафарбування	0,152	176
Яскрава веселка	0,305	352
Тьмяна веселка	1,016	1 170
Темне зафарбування	2,032	2 340

Нафтова плівка змінює склад спектра та інтенсивність проникнення світла у воду. Проникнення світла через тонкі прошарки нафти зменшується на 10...20% (товщина плівки 280 нм) та 60...70% (товщина плівки 400 нм). Плівка товщиною 30-40 мкм повністю поглинає інфрачервоне випромінювання.

Змішуючись з водою нафта утворює емульсію двох типів: пряму – “нафта у воді” і зворотню – “вода в нафті”. Прямі емульсії, складені дисперговою до крапель діаметром до 10,5 мкм нафтою, менш стабільні і є характерними для нафт, які містять поверхневоактивні речовини. При видаленні летючих фракцій, нафта утворює в'язкі зворотні емульсії, які можуть зберігатись на поверхні води тривалий час, переноситись течією, викидатись на узбережжя та осідати на дно.

2.2.2. Пестициди. Пестициди складають групу штучно створених речовин, які застосовуються для боротьби із шкідниками і хворобами рослин. Пестициди поділяють на такі групи:

- *інсектициди* – застосовують для боротьби із шкідливими комахами;
- *фунгіциди та бактеріциди* – застосовують для боротьби з бактеріальними хворобами рослин;
- *гербіциди* – застосовують проти бур'янів.

Встановлено, що пестициди, знищуючи шкідників, шкодять багатьом корисним організмам і біоценозу загалом. В галузі сільськогосподарського виробництва давно вже існує проблема переходу до використання замість хімічних (забруднюючих природне середовище) до біологічних (порівняно екологічно чистих) методів боротьби із шкідниками сільськогосподарських культур. В наш час на світовий ринок надходить понад $1,5 \cdot 10^7$ т/рік пестицидів. Близько $1,2 \cdot 10^7$ т цих речовин вже увійшло до складу наземних і морських екосистем золотими і водними шляхами. Промислове виробництво пестицидів супроводжується появою великої кількості побічних продуктів, які забруднюють стічні води. У водному середовищі найчастіше зустрічаються представники інсектицидів, фунгіцидів, гербіцидів.

Синтезовані інсектициди поділяються на три основних групи:

- хлорорганічні;
- фосфорорганічні;
- карбонати.

Хлорорганічні інсектициди отримують шляхом хлорування ароматичних та гетероциклічних рідких вуглеводнів. До них належать ДДТ та його похідні, в молекулах яких сталість аліфатичних та ароматичних груп при спільній присутності зростає, а також різні хлоровані похідні (хлородіенадрін). Ці речовини мають період напіврозпаду до декількох десятків років і досить стабільні до біодеградації. У водному середовищі часто

зустрічаються поліхлорбіфеніли, які є похідними від ДДТ без аліфатичної частини.

За останні 40 років використано більше як $1,2 \cdot 10^7$ т поліхлорбіфенілів при виробництві пластичних мас, барвників, електричних трансформаторів та конденсаторів. Поліхлорбіфеніли надходять до оточуючого середовища в результаті скиду промислових стічних вод та спалювання твердих речовин на звалищах. Останнє згадуване джерело постачає поліхлорбіфеніли в атмосферу, звідки вони з атмосферними опадами надходять в усі райони земної кулі. Так, в пробах снігу з Антарктиди виявлено вміст поліхлорбіфенілів в межах $0,03 \dots 1,2 \text{ кг/м}^3$.

2.2.3. Синтетичні поверхневоактивні речовини. *Детергенти* (поверхневоактивні речовини-ПАР) відносять до обширної групи речовин, які зменшують поверхневий натяг рідини і, зокрема, води. Вони входять до складу синтетичних миючих засобів, широко використовуються у побуті та промисловості. Разом із стічними водами синтетичні ПАР надходять до материкових вод і морського середовища. Синтетичні миючі засоби містять поліфосфати натрія, в яких розчинені детергенти, а також цілий ряд додаткових інгредієнтів, які є токсичними для водних організмів: ароматизуючі речовини, відбілюючі реагенти (персульфати, перборати), кальцинована сода, карбоксилцеллолоза, силікати натрія. В залежності від природи і структури гідрофільної частини молекул синтетичні ПАР поділяють на:

- аніоноактивні;
- катіоноактивні;
- амфотерні;
- неіоногенні.

Останні не утворюють іонів у воді. Найпоширенішими серед синтетичних ПАР є аніоноактивні речовини. На їх долю припадає понад 50% всіх продукованих в світі синтетичних ПАР.

Наявність синтетичних ПАР в стічних водах промисловості пов'язане з використанням їх в таких процесах, як флотаційне збагачення руд, розділення продуктів хімічних технологій, отримання полімерів, покращення умов бурових робіт нафтових та газових свердловин, боротьба з корозією обладнання. В сільськогосподарському виробництві синтетичні ПАР використовують в складі різноманітних меліорантів та як штучні структуроутворювачі для поліпшення структури ґрунтів сільськогосподарського використання.

2.2.4. Сполуки з канцерогенними властивостями. Канцерогенні речовини – це хімічно однорідні сполуки, які виявляють трансформуючу активність та властивість викликати канцерогенні, тератогенні (порушення процесів ембріонального розвитку) або мутагенні зміни в організмах. В залежності від умов впливу вони можуть призвести до інгібованого росту, прискорення старіння, порушення індивідуального розвитку і зміни генофонду організмів.

До речовин, які мають канцерогенні властивості, відносяться: хлоровані аліфатичні вуглеводні, вінілхлорид та, особливо, поліциклічні ароматичні вуглеводні. Максимальна кількість поліциклічних ароматичних вуглеводнів в донних осадах Світового океану (більше за 100 мг/м³ маси сухої речовини) виявлено в тектонічно активних зонах, які підпадають під вплив глибинних термічних вод. Основні антропогенні

джерела поліциклічних ароматичних вуглеводнів в оточуючому середовищі – це піроліз органічних речовин при спалюванні різних матеріалів, деревини і палива.

2.2.5. Важкі метали. Важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, цинк, мідь, миш'як) належать до числа поширених і досить-таки токсичних, забруднюючих навколишнє середовище, речовин. Вони широко застосовуються в різних промислових виробництвах, а тому, незважаючи на заходи з їх очистки, вміст сполук важких металів в стічних водах досить високий. Великі маси цих сполук надходять у водойми з атмосферними опадами. Для морських біоценозів найбільш небезпечними є ртуть, свинець, кадмій. Ртуть надходить до океану з материковими стоками і через атмосферу. При вивітрюванні осадових та вивержених порід щорічно виділяється близько $1,1 \cdot 10^4$ т ртуті, при цьому значна частина цього вмісту має характер антропогенного походження. Близько половини річного промислового виробництва цього металу ($9,1 \cdot 10^4$ т/рік) різними шляхами надходить в океан. В районах, забруднених промисловими водами, концентрація ртуті (в розчинах та в зв'язаному стані) значно підвищується. При цьому деякі бактерії перетворюють хлориди у високотоксичну метилртуть. Забруднення морських продуктів ртуттю неодноразово призводило до ртутного отруєння мешканців прибережних районів. До 1977 р. налічувалось 1280 жертв хвороби Міномата, причиною якої були відходи підприємств по виробництву хлорвінілу та ацетальдегіду, на яких в якості каталізатора використовувалась хлориста ртуть, а недостатньо очищені стічні води надходили в затоку Міномата.

Свинець – типовий розсіяний елемент, який міститься в усіх компонентах оточуючого середовища: в

гірських породах, ґрунтах, природних водах, атмосфері, живих організмах. Свинець активно розсіюється в оточуючому середовищі в процесі господарської діяльності людини. Це зумовлено викидами з промисловими і побутовими стоками, з димом і пилом промислових підприємств, з вихлопними газами двигунів внутрішнього згорання тощо. Міграційні потоки свинцю з континентів в океан ідуть не лише з річковими стоками, але і через атмосферу. З континентальним пилом океан отримує $(2...3) \cdot 10^4$ т свинцю на рік.

2.3. Скидання відходів в морські води з метою їх поховання (дампінг)

Більшість країн, які мають вихід до морів, здійснюють поховання у морі різних матеріалів та речовин, зокрема ґрунту, видобутого при днопоглиблюваних роботах, бурових шлаків, відходів промисловості, будівельного сміття, твердих відходів, вибухових та хімічних речовин, радіоактивних відходів. Обсяги цих поховань склали близько 10% всієї маси забруднюючих речовин, які надійшли до Світового океану. Підставою для дампінгу в море є здатність морського середовища до переробки великої кількості органічних та нерганічних речовин без значного ушкодження водного середовища. Однак, ця здатність далеко не безмежна. Тому, дампінг потрібно розглядати як вимушений захід, тимчасове послаблення недосконалості технологій виробництва. В шлаках промислових виробництв присутні різноманітні органічні речовини та сполуки важких металів. Побутове сміття містить в середньому 30...40% органічних речовин (в перерахунку на масу сухої речовини); близько 0,5%

азоту та фосфору; 0,1% цинку, свинцю і ртуті; 0,001% кадмію. В процесі надходження відходів в водне середовище, частина забруднюючих речовин переходить у розчин, що змінює якість води, інша частина сорбується звішеними частинками і надходить до водних відкладень. Одночасно з цим, підвищується мутність води, змінюється її колір.

Наявність органічних речовин у водному середовищі часто призводить до швидких витрат кисню у воді і нерідко до його (кисню) повного зникнення, зумовлює розчин звішених частинок, накопичення металів в розчинних формах, виникненню сірководню. Наявність великої кількості органічних речовин часто призводить до виникнення особливого типу мулу, який містить сірководень, аміак, іони важких металів. Під вплив скидуваних до моря відходів підпадають (більшою або меншою мірою) морські організми.

У випадку утворення на поверхні води плівок, які утворені нафтопродуктами або синтетичними ПАР, порушується газообмін на границі "вода-атмосфера". Забруднюючі речовини, які надходять в розчиненому вигляді, можуть акумулюватись в тканинах гідробіонтів і спричиняти токсичні впливи на них. Викиди речовин дампінга на дно і тривала підвищена мутність придонної води призводить до загибелі від нестачі кисню малорухомих форм біоценозів. У тих риб, молюсків, ракоподібних, які вижили в таких змінених умовах, скорочується швидкість розвитку, з огляду на погіршення умов живлення. Нерідко змінюється видовий склад певної популяції.

При організації системи контролю за похованням відходів у морі, вирішальне значення має визначення конкретних районів дампінгу та моніторинг динаміки

забруднення морських вод і донних відкладень. Для виявлення можливих об'ємів скидів в море необхідно виконувати розрахунки всіх забруднюючих речовин в складі материкового скиду.

2.4. Теплове забруднення водойм

Теплове забруднення поверхні водойм та прибережних морських акваторій виникає в результаті скиду нагрітих стічних вод електростанціями та деякими промисловими виробництвами.

Скиди нагрітих вод в багатьох випадках зумовлюють підвищення температури води у водоймах на 6...8 °С. Площа плям нагрітих вод в прибережних водах може досягати 30 км². Більш стала (стабільна) температурна стратифікація перешкоджає водообміну поміж поверхневими та придонними шарами води. Розчинність кисню у водах зменшується, а споживання його зростає, оскільки із збільшенням температури підсилюється активність аеробних бактерій, які розкладають органічні речовини, підсилюється видове різноманіття фітопланктону і всієї флори водоростей вцілому.

На підставі узагальненого досвіду, можна зробити висновок про те, що ефекти антропогенного впливу на водне середовище виявляються на індивідуальному та популяційно-біоценотичному рівнях і тривала дія забруднюючих речовин призводить до значного спрощення водних екосистем.