

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/340844837>

Технології захисту навколишнього середовища. Частина 2. Методи очищення стічних вод

Book · December 2019

CITATIONS

0

READS

923

7 authors, including:



Vasyl Petruk

Vinnitsia National Technical University

240 PUBLICATIONS 208 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Igor Vasylykivskyi

Vinnitsia National Technical University

14 PUBLICATIONS 11 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Roma Petruk

Vinnitsia National Technical University

39 PUBLICATIONS 22 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Serhii Kvaterniuk

Vinnitsia National Technical University

259 PUBLICATIONS 221 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Development of methods and means of multispectral television measurement control and diagnostic parameters of inhomogeneous biological media [View project](#)



Development of environmental safety measures in the field of hazardous waste management and investigation of their impact on water bodies using biosensor technologies [View project](#)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Частина друга МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Підручник

Херсон
ОЛДІ-ПЛЮС
2019

УДК 502.3:556(075)
Т38

Автори:

**В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, Петрук Р. В., Сакалова Г. В.,
Крусір Г. В., Клименко М. О., Кватернюк С. М.**

***Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
для студентів вищих навчальних закладів.
Лист № 1/11-11549 від 15.07.2013 р.***

Рецензенти:

А. П. Ранський, доктор хімічних наук, професор

Т. А. Сафранов, доктор геолого-мінералогічних наук, професор

М. С. Мальований, доктор технічних наук, професор

Т38

**Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2. Методи
очищення стічних вод : підручник / Петрук В. Г., Васильківсь-
кий І. В., Петрук Р. В., Сакалова Г. В. та ін. – Херсон : Олді-плюс,
2019. – 298 с.**

ISBN 978-966-289-249-9

У підручнику розглянуті природоохоронні технології захисту гідросфери, які базуються на методах очищення води від забруднення стічними водами. Наведений перелік очисних споруд, їх конструкції та методи розрахунків.

Розрахований на студентів екологічних спеціальностей, фахівців управління охорони навколишнього природного середовища, екологічної інспекції та працівників комунального господарства.

УДК 502.3:556(075)

ISBN 978-966-289-249-9

© Авторський колектив, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	6
Основні умовні позначення і одиниці величин	10
Розділ 1	
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	11
1.1. Категорії стічних вод	11
1.2. Характеристика забруднень	12
1.3. Природоохоронні технології захисту водного середовища	13
1.4. Створення водоохоронних зон та втілення інших водоохоронних заходів ...	15
1.5. Системи водопостачання та водовідведення	21
1.5.1. Системи водопостачання населених пунктів	23
1.5.2. Системи водопостачання промислових підприємств	24
1.5.3. Вибір схем водопостачання та водовідведення промислових підприємств	25
1.6. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод	32
1.6.1. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод з завислими речовинами.....	32
1.6.2. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод за розчиненим у воді водоймища киснем	33
1.6.3. Розрахунок допустимої температури стічних вод перед спуском у водоймище	36
1.6.4. Визначення необхідного ступеня очищення води за змінюванням рН.....	37
1.6.5. Розрахунок необхідного ступеня очищення свічних вод за вмістом шкідливих речовин	39
1.7. Загальна характеристика методів очищення стічних вод	44
Контрольні запитання.....	48
Основні умовні позначення і одиниці величин	49
Розділ 2	
МЕХАНІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	50
2.1. Решітки	50
2.2. Осередники.....	56
2.3. Пісколовки.....	61
2.4. Відстійники	72
2.5. Гідроциклони	87
2.6. Нафтоуловлювачі.....	99
Контрольні запитання.....	101
Основні умовні позначення і одиниці величин	102

Розділ 3

БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	104
3.1. Природні біологічні окиснювачі	104
3.2. Штучні біологічні окиснювачі.....	117
3.3. Доочищення стічних вод.....	145
Контрольні запитання	148
Основні умовні позначення і одиниці величин	149

Розділ 4

ФІЗИКО-ХІМІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	150
4.1. Нейтралізація стічних вод.....	151
4.2. Коагулювання.....	155
4.3. Сорбційне очищення стічних вод.....	159
4.4. Іонообмінне очищення стічних вод.....	166
4.5. Флотація.....	176
4.6. Електрохімічне очищення стічних вод	179
4.7. Екстракція, евапорація, кристалізація	192
Контрольні запитання	196
Основні умовні позначення і одиниці величин	197

Розділ 5

ОБЕЗЗАРАЖУВАННЯ СТІЧНИХ ВОД	
І ВИПУСК ЇХ У ВОДОЙМИЩА.....	198
5.1. Дезінфекція стічних вод хлором.....	198
5.2. Негативні наслідки хлорування води	202
5.3. Знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням	205
5.4. Озонування стічних вод	214
5.5. Випуск стічних вод у водоймища.....	217
Контрольні запитання	219

Розділ 6

УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ І КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ СТІЧНИХ ВОД.....	220
6.1. Класифікація та склад осадів стічних вод.....	220
6.2. Основні напрямки утилізації осадів	226
6.3. Утилізація та переробка мулових осадів стічних вод.....	236
6.4. Контроль за складом стічних вод	240
Контрольні запитання	248

Розділ 7

ПРИКЛАДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	249
7.1. Впровадження природоохоронних технологій на комунальному підприємстві “Вінницяоблводоканал”	249
7.2. Технологічні схеми очищення стічних вод машинобудівних підприємств	255

7.3. Очищення радіоактивних стічних вод	275
Контрольні запитання.....	280
ГЛОСАРІЙ.....	281
ЛІТЕРАТУРА	285
ДОДАТОК А.	
Допустимі величини показників якості стічних вод і води водойм	288

ВСТУП

Водоспоживання України становить близько 8 % від світового. На водні об'єкти суші, які є основними джерелами водопостачання, покладають зараз дві протилежні функції, з якими вони з часом все менше справляються, з одного боку – це джерела водоспоживання для побутових та технічних потреб, з другого – це водойми для скиду побутових та промислових стоків. В результаті вода у водних об'єктах така, що без відповідного очищення використовувати її вже не можливо.

Найбільшою мірою якість природних вод змінюється в результаті забруднення їх стічними водами промислових підприємств та комунального господарства, а також від поверхневого стоку з територій населених пунктів, промислових об'єктів, транспортних шляхів та сільськогосподарських угідь. На даний час в Україні щорічно скидається понад 20 км³ стічних вод, з них майже 6 км³ – неочищених та недостатньо очищених.

Забруднення води відбувається внаслідок надходження у водойми зі стічними водами різних шкідливих домішок неорганічної (кислоти, мінеральні солі, луги тощо) й органічної природи (нафта й нафтопродукти, органічні сполуки, поверхнево-активні речовини, миючі засоби, пестициди тощо). Більшість з них є отруйними для мешканців водойм. Це сполуки Арсену, Плюмбуму, Меркурію, Купруму, Хрому, Флуору тощо. Вони поглинаються фітопланктоном і передаються далі по харчових ланцюжках більш високоорганізованим організмам, що супроводжується кумулятивним ефектом, який полягає в тому, що у кожній наступній ланці харчового ланцюжка вміст шкідливих сполук підвищується. Крім того, стічні води, що містять розчинні органічні речовини або суспензії органічного походження, сприяють зниженню вмісту O₂ у воді. Особливої шкоди завдають нафта й нафтопродукти, які утворюють на поверхні води плівку, що перешкоджає газообміну між водою й атмосферою та знижує вміст кисню у воді. Осідаючи на дно водойм, органічні суспензії замулюють його і затримують або

повністю припиняють життєдіяльність мікроорганізмів, що беруть участь у самоочищенні.

Кількість хімічних забруднювачів води постійно зростає і досягає зараз близько 1000 різновидів. Шкідлива дія багатьох з них має пролонгований вплив, тобто їхня дія виявляється в наступних поколіннях живих істот і полягає в появі шкідливих мутацій, генетичних розладах тощо.

Крім хімічного відбувається ще і фізичне забруднення води, пов'язане із зміною її фізичних властивостей – прозорості, вмісту суспензій та інших нерозчинних домішок, радіоактивних речовин і температури.

Суспензії (пісок, глина, намул) потрапляють у водойми головним чином за рахунок поверхневого змиву дощовими водами з сільсько-господарських полів, а також з діючих підприємств гірничорудної промисловості. Пил надходить у водойми також із сильними вітрами, особливо в суху погоду. Тверді частинки різко знижують прозорість води, пригнічуючи процеси фотосинтезу водяних рослин, забивають зябра риб і інших водних тварин, погіршують смакові якості води. Особливу небезпеку для всього живого становлять радіоактивні домішки, що потрапляють у водойми завдяки викидам АЕС (особливо під час аварій), з частками золи від працюючих ТЕС тощо.

Теплове забруднення водойм є особливим видом забруднення гідросфери. Воно спричинене спуском у водойми теплих вод від різних енергетичних установок. Величезна кількість тепла, що надходить з нагрітими водами в річки й озера, істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Серед теплових забруднювачів гідросфери перше місце посідають АЕС, які скидають у водойми воду, нагріту до 45 °С.

Як свідчать спостереження, у річках, які розташовані нижче за течією від діючих ТЕС і АЕС, порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риба уражається хворобами й паразитами.

Серед біологічних забруднювачів перше місце посідають комунально-побутові стоки, особливо коли вони надходять у водойми без очищення. Проте навіть за наявності очисних споруд деяка кількість вірусів, бактерій тощо все ж не затримується фільтрами й потрапляє у

водойми. Промисловими біологічними забруднювачами є підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати, цукрові заводи.

Неочищені або недостатньо очищені стічні води, потрапляючи в природні водойми, мають здатність до самоочищення. Самоочищення відбувається внаслідок розведення стічних вод, випадання в осад твердих забруднювачів, хімічних й інших природних процесів, що приводять до видалення з водойми забруднювачів і сприяють поверненню води до її первісного стану. Проте здатність водойм до самоочищення має свої межі.

Гідросфера України сьогодні вже неспроможна самоочищуватися, саморегулюватися й самовідновлюватися – вона дедалі активніше деградує. Нині річки, озера і інші водойми самотужки вже не можуть подолати дедалі зростаюче антропогенне навантаження. Тому суспільство повинно вдатися до заходів для очищення забруднених вод і повернення джерел водопостачання до стану, придатного для подальшого їх використання. Комплекс природоохоронних заходів захисту гідросфери включає:

- нормування якості води, тобто розробки критеріїв щодо її придатності для різних видів водокористування;
- скорочення обсягів скидів забруднень у водойми шляхом вдосконалення технологічних процесів;
- очистку стічних вод.

Скорочення обсягів скидів забруднень у водойми й перехід підприємств до роботи за схемою замкненого циклу водокористування є головним напрямом захисту водного середовища в промисловості. Розробка нових прогресивних технологій дозволяє різко скоротити потреби у воді, а інколи й зовсім відмовитися від неї.

У сільському господарстві, яке є основним споживачем води, слід запропонувати строгу економію води, раціональне її використання. Так, заміна поверхневого поливу більш раціональними методами (дощуванням, крапельним поливом тощо) дозволяє одержувати ті ж врожаї за витрат води у 5-7 разів менших. Зменшенню кількості пестицидів, фосфатів, нітратів у водоймах сприяє часткова заміна хімізації сільського господарства біологічними методами боротьби з шкідниками й хворобами рослин, чітке дотримання сівоборотів,

виведення нових, більш продуктивних і стійких до хвороб і шкідників сортів сільськогосподарських культур.

Однак всі ці прогресивні технології, спрямовані на зменшення об'ємів споживання води, можуть впроваджуватися тільки поступово. Тому сучасні природоохоронні технології очищення стічних вод залишаються на цьому історичному періоді основним рубежем захисту водного середовища.

Залежно від фізичного стану, складу і концентрації забруднювальних речовин зараз використовують різні способи очистки стічних вод – механічний, хімічний, фізико-хімічний та біологічний.

У запропонованому навчальному посібнику логічно узагальнено та послідовно висвітлено сучасні природоохоронні технології захисту гідросфери, що базуються на створенні і використанні сучасних систем водоочистки, та наведено численні приклади розрахунку водоочисного обладнання.

Навчальний посібник складений відповідно до програми курсу “Природоохоронні технології” і розрахований на поглиблену, ґрунтовну підготовку студентів за напрямом “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”. Мета даного навчального посібника дати студентам необхідні знання з теоретичних і практичних питань сучасних природоохоронних технологій збереження гідросфери, допомогти їм самостійно опрацьовувати теоретичний матеріал, оцінити свої знання за допомогою запитань і завдань для самоконтролю.

ОСНОВНІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ І ОДИНИЦІ ВЕЛИЧИН

- Q_v – найменша середньомісячна витрата води водоймища, $\text{м}^3/\text{с}$;
 q_v – кількість стічних вод, які надходять у водоймище, $\text{м}^3/\text{с}$;
 ε – необхідна ефективність очищення стічних вод, %;
 C – вміст завислих речовин у водоймищі, $\text{г}/\text{м}^3$;
 c – допустиме збільшення завислих речовин у водоймищі, $\text{г}/\text{м}^3$;
 C_n, C_v – концентрація завислих речовин у стічних водах відповідно до і після очищення;
 m – гранично допустимий вміст завислих речовин у стічних водах, $\text{г}/\text{м}^3$;
 L_{20} – біохімічне споживання кисню ($\text{БСК}_{\text{повн}}$) для завершення повного біохімічного процесу за 20 діб, $\text{г}/\text{м}^3$;
 L_n, L_v – $\text{БСК}_{\text{повн}}$ стічних вод відповідно до і після очищення, $\text{г}/\text{м}^3$;
 $L_{г.д}$ – гранично допустиме $\text{БСК}_{\text{повн}}$, $\text{г}/\text{м}^3$;
 L_p – $\text{БСК}_{\text{повн}}$ річковою водою, $\text{г}/\text{м}^3$;
 $L_{ст}$ – допустиме максимальне $\text{БСК}_{\text{повн}}$ стічних вод для цього водоймища, $\text{г}/\text{м}^3$;
 $L_{\text{повн}}^p$ – $\text{БСК}_{\text{повн}}$ в розрахунковому створі, $\text{г}/\text{м}^3$;
 q_m – норма забруднюючих воду речовин на одного мешканця, $\text{г}/\text{д}$;
 $q_{\varnothing}$ – норма водовідведення, $\text{л}/\text{д}$ на одну людину;
 O – мінімальний вміст кисню у воді, $\text{г}/\text{м}^3$;
 O_p – вміст кисню в річковій воді до місця спуску стічних вод, $\text{г}/\text{м}^3$;
 a – коефіцієнт змішування;
 t – тривалість змішування води у водоймищі, д ;
 n – кратність розведення води у водоймищі;
 α – коефіцієнт, що залежить від гідравлічних умов змішування;
 φ – коефіцієнт звивистості русла річки;
 E – коефіцієнт турбулентної дифузії;
 $T_{ст}$ – температура стічних вод, $^{\circ}\text{C}$;
 $T_{\text{макс}}$ – максимальна літня температура води у водоймищі, $^{\circ}\text{C}$;
 $T_{\text{доп}}$ – допустиме підвищення температури води у водоймищі, $^{\circ}\text{C}$;
 V – середня швидкість течії води в річці, $\text{м}/\text{с}$;
 $H_{\text{сер}}$ – середня глибина річки, м .