

УДК 330.101.8

**В. П. Плаван**  
д. т. н., професор  
**О. М. Паливода**  
к. е. н., доцент  
**М. К. Коляда**  
аспірант\*

Київський національний університет технологій та дизайну

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ПРОТЕЇНОВОГО КОНЦЕНТРАТУ З КОЛАГЕНМІСТКИХ ВІДХОДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Запропоновано підходи до оцінки екологічного, економічного та комерційного ефектів від впровадження технологій отримання протеїнового концентрату з колагенмістких відходів харчової промисловості. Проведено аналіз світового та вітчизняного ринку споживання риби і рибної продукції населенням за останній період й на його основі кількісно оцінено обсяги відходів рибопереробного виробництва України. Виділено та описано негативні ефекти від захоронення рибних відходів на відкритих звалищах, а також розраховано екологічні втрати від них. На основі кількісних параметрів нової технології отримання протеїнового концентрату розраховано можливий комерційний ефект від ринкової реалізації протеїнової суміші, що отримується внаслідок повної переробки рибних відходів.*

**Ключові слова:** еколого-економічна оцінка, переробка відходів, протеїновий концентрат, харчова промисловість.

### Постановка проблеми

Наразі практично відсутні ефективні технології комплексної переробки відходів харчової та легкої промисловостей. Одні технології дуже трудомісткі та енерговитратні, інші – малопродуктивні, внаслідок чого десятки тисяч тонн відходів закопуються на звалищах та кар'єрах, чим наноситься велика шкода довкіллю. Тому нині обґрунтування і розробка ефективних методів утилізації

---

© В. П. Плаван, О. М. Паливода, М. К. Коляда

\*Науковий керівник – д.т.н., професор В. П. Плаван

відходів харчової та легкої промисловостей є необхідним, актуальним і своєчасним.

### **Аналіз останніх досліджень**

Результати досліджень останніх років довели економічну, технологічну та екологічну доцільність переробки і повторного використання відходів харчової та легкої промисловостей, зокрема використання колагенмістких відходів шкіряного [2], м'ясо- та рибнопереробного виробництв [3–6] для отримання біодеградабельних композиційних матеріалів з метою їх використання в медицині та фармакології, сільському господарстві як сорбентів для очистки стічних вод від солей важких металів й нафтопродуктів, інших галузях народного господарства.

### **Мета, об'єкт та методика досліджень**

Мета представленої дослідження полягає в розробці практичних підходів до оцінки еколого-економічних ефектів застосування технологій отримання протеїнового концентрату з колагенмістких відходів харчової промисловості.

Об'єктом дослідження є процеси утилізації відходів від виробництва споживчих товарів. Розрахунки економічного та екологічного ефектів проводилися виходячи з кількісних та якісних параметрів нової технології повної переробки відходів, зокрема рибних. Зазначена технологія ґрунтується на методах гідролізу білків, на основі яких отримують різні препарати, які широко застосовуються у практиці: як кровозамінники і для парентерального харчування в медицині; для компенсації білкового дефіциту, підвищення резистентності і поліпшення розвитку молодняку тварин у ветеринарії; як джерело амінокислот і пептидів для бактеріальних поживних середовищ в біотехнології; у харчовій промисловості, парфумерії. Якість і властивості білкових гідролізатів, призначених для різного застосування, обумовлені початковою сировиною, способом гідролізу і подальшою обробкою отриманого продукту.

Варіювання способів отримання білкових гідролізатів дозволяє отримувати продукт із заданими властивостями. Залежно від вмісту амінокислот і наявності поліпептидів в діапазоні від повідної молекулярної маси може бути визначена область найбільш ефективного використання гідролізатів. До білкових гідролізатів, одержуваних для різних цілей, пред'являються різні вимоги, залежні, у першу чергу, від складу гідролізату. Так, в медицині бажано застосування гідролізатів, що містять 15–20 % вільних амінокислот; у ветеринарній практиці для підвищення природної резистентності молодняку переважним є вміст у гідролізатах пептидів (70–80 %); для харчових цілей важливими є органолептичні властивості одержуваних продуктів. Але основною вимогою при використанні білкових гідролізатів у різних областях є збалансованість за амінокислотним складом.

При кислотному гідролізі досягається більша глибина розщеплення білка і виключається можливість бактеріального забруднення гідролізату. Це особливо важливо в медицині, де гідролізати застосовуються, в основному, парентерально та необхідно виключити анафілактогенність, пірогенність та інші небажані наслідки. У медичній практиці широко застосовуються кислотні гідролізати: амінокровін, гідролізін Л-103, ЦОЛПК, інфузамін, геммоста тощо.

#### **Результати досліджень**

Визначено, що застосування лужно-ферментативного методу гідролізу з додатковою обробкою перекисом водню при підвищеній температурі і кислотно-ферментативного гідролізу з додатковим промиванням рибних відходів у лужному розчині дозволило отримати колагенові гідролізати, які характеризуються високим вмістом загального азоту, колаген має аморфну, повністю гомогенну структуру [1–6]. Отримані гідролізати є збалансованими за амінокислотним складом і можуть використовуватися для отримання стимуляторів росту, як кормова домішка у звіроводстві, а після подальшої модифікації – як компонент біополімерів з прогнозованими властивостями [7].

Тенденцією розвитку ринку харчових продуктів за останні десятиліття є зростання споживання риби та рибопродуктів. Це зумовлено тим, що цей продукт є цінним джерелом важливих хімічних елементів та білка для організму людини, який може суттєво покращити раціон харчування та зберегти здоров'я нації. Спеціалістами доведено, що раціональна норма споживання риби і рибопродуктів на одну людину в рік повинна становити 20 кг, з них 5 кг риби прісноводних водойм [8].

За останні роки світове виробництво та споживання риби та рибопродуктів збільшилося, незважаючи на загальне зменшення світових запасів водних біоресурсів у зв'язку із загостренням екологічних проблем (рис. 1).

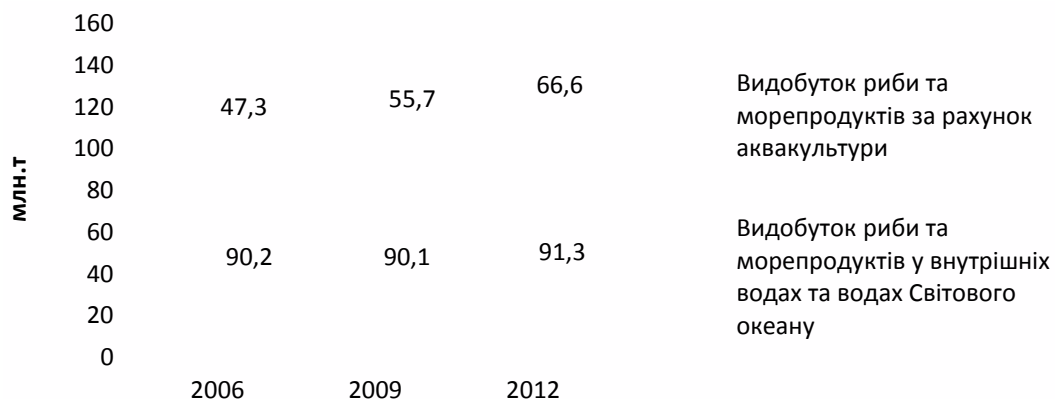


*Рис. 1. Динаміка обсягів світового виробництва риби та морепродуктів, 2006–2012 рр.*

Джерело: побудовано за даними [9].

Сучасні потреби у рибі та рибопродуктах забезпечуються за рахунок рибальства (вилову риби у внутрішніх водах та водах Світового океану), а також аквакультури (вирощення у штучно створених водоймах). Розвиток світового виробництва риби та морепродуктів за рахунок аквакультури з 2006 року, порівняно з 2012 р., зріс на 8% (рис. 2) [9]. У загальному обсязі світового виробництва даних продуктів безпосередній видобуток риби становить близько 85% (тобто 134,3 млн т). За оцінками спеціалістів, під час переробки риби, загальні відходи складають від 15 до 20% від загального обсягу. Це означає, що щорічно у світі утворюється від 20 до 27 млн т рибних відходів, які потребують утилізації.

Україна є складовою глобальних економічних процесів, а тому тенденції світового розвитку ринку рибопродуктів характерні і для нашої країни, хоча і мають свої специфічні особливості, що спричинені економічними та політичними чинниками.



**Рис. 2. Динаміка структури світового виробництва риби та морепродуктів, 2006–2012 рр.**

Джерело: побудовано за даними [9].

В останнє десятиліття, за даними Держкомстату України, добування водних біоресурсів в Україні мало різноспрямовану динаміку з незначними відхиленнями (рис. 3). Споживання риби і рибної продукції населенням України останніми роками досягло 13–14 кг в рік на одну особу, що на 25 % менше, порівняно із середньосвітовим її споживанням, та на 30 % до рекомендованої науковцями норми (табл. 1). Проте, на відміну від 2000 р., цей показник все ж зріс в 1,7 раза у 2013 р.

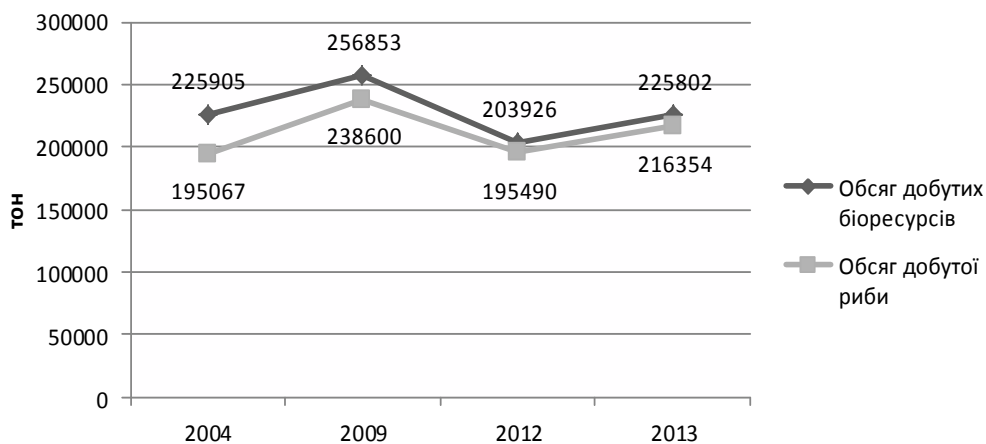


Рис. 3. Динаміка видобутку водних біоресурсів в Україні, 2004–2013 рр.

Джерело: побудовано за даними [9].

Серед окремих регіонів найбільше споживають риби в Київській, Одеській, Миколаївській, Вінницькій і Черкаській областях, де цей показник перевищує 16–17 кг у рік на одну особу, тоді як майже вдвічі менше – в Закарпатській та Івано-Франківській.

Незважаючи на той факт, що в Україні фактичне споживання риби і морепродуктів є нижчим, порівняно з іншими країнами світу, загальний обсяг споживчих витрат населення демонструє стійкий тренд до зростання ємності вітчизняного ринку.

Таблиця 1. Річне споживання риби та рибопродуктів у світі

Країна	Обсяг споживання риби та рибопродуктів (кг/на 1 особу)
У світі	18,9
Європа	22,0
Україна	14,2
Білорусь	17,4
Польща	12,0
Литва	43,5
Румунія	6,2
Молдова	12,7
Латвія	27,7
Естонія	14,6
Росія	22,3

Джерело: розраховано за даними FAO [9].

Так, у 2013 р. споживачі витратили на рибу і рибну продукцію в Україні \$40,9 з розрахунку на одну особу, що майже на 35,9 % перевищує рівень 2010 р. Тобто в середньому цей сегмент продовольчого ринку зростає на 12 % щорічно, що свідчить про недостатній рівень задоволення споживчого попиту і наявність значних перспектив для розвитку вітчизняного рибництва [9].

Окремо слід врахувати, що в Україні попит на продукцію рибництва є одним із найменш реалізованих, а потенційна фактична ємність цього ринку в 600–650 тис. т може бути збільшена на 30–40 % за рахунок інтенсивного розвитку ставкового рибництва та інших напрямів аквакультури.

Сьогодні наша країна імпортує лише живої, свіжої або охолодженої риби 23,3 тис. т на суму \$149,4 млн, тоді як вилов риби у внутрішніх водоймах становить 45,7 тис. т. Отже, щоб зменшити залежність від імпорту, необхідно збільшити обсяги виробництва в середньому на 50 % [10].

Зростаючі потреби у рибній продукції стимулюють збільшення виробництва та переробки риби, що стає причиною зростаючого нагромадження промислових рибних відходів, які потребують утилізації.

Рибні відходи являють собою важливий резерв продовольчої сировини, який часто недооцінюють. На сучасних вітчизняних підприємствах рибні відходи відносяться до твердих харчових відходів, які, у свою чергу, поділяються на два види: I – це шкіра, кістки, луска, голови, хвости; II – це рибні нутроці. Перший вид відходів є достатньо цінним, оскільки він використовується для виготовлення рибного борошна, ветеринарного та технічного жиру, а другий – вважається малоцінним і, переважно, утилізується на звалищах.

Переробка рибних відходів особливо актуальна, оскільки безпосередньо пов'язана з проблемою екології. Самі по собі рибні відходи особливо збитку природному середовищу не завдають. Однак, при великому їх накопиченні, рибні, як і будь які інші харчові відходи, здатні шкодити навколишньому середовищу загалом і людині зокрема. Це зумовлено тим, що, по-перше, при їх похованні утворюється так званий звалищний газ, макрокомпонентами якого є метан ( $\text{CH}_4$ ) – 40–60 % і діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) – 30–45 %, які здатні наносити відчутну шкоду навколишньому середовищу. По-друге, при похованні їх не можна змішувати з іншими відходами, саме через небезпеку утворення таких небезпечних сполук, як діоксиди. По-третє, розміщення відходів на полігонах спричиняє виведення значних земельних ділянок з господарського обігу. Вже сьогодні загальна площа полігонів та звалищ складає близько 7 тис. га землі. По-четверте, проблема утилізації рибних відходів посилюється тим, що через їх високу вологість вони здатні швидко загнивати, прокисати, а, значить, є джерелом розмноження патогенних мікроорганізмів, а також всіляких переносників хвороб – гризунів, тарганів, мух. Саме тому розміщення відходів зазначеного типу на полігонах й звалищах без відповідних робіт щодо їх

захоронення є вкрай небезпечним для людей та навколишнього середовища. Крім того, екологічно безпечне видалення та захоронення відходів потребує додаткових затрат.

Розробка та запровадження технології повної переробки рибних відходів, зокрема рибних нутрощів, потенційно здатна сприяти тому, щоб рибні відходи стали джерелом додаткового прибутку для виробників, одночасно вирішуючи екологічні проблеми і виключаючи фінансові втрати.

Запровадження технології повної переробки рибних відходів сприятиме отриманню сумарного економічного ефекту, що складатиметься з комерційного ефекту від продажу нового продукту (протеїнової суміші) та екологічного ефекту:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{комерц.}} + E_{\text{еколог.}}$$

де  $E_{\text{заг}}$  – сумарний ефект впровадження нової технології;  $E_{\text{комерц.}}$  – комерційний ефект від продажу нової продукції;  $E_{\text{еколог.}}$  – екологічний ефект від впровадження нової технології.

Зважаючи на особливості та вимоги до утилізації рибних відходів, екологічний ефект від запропонованої технології, ми вважаємо за доцільне розраховувати як суму витрат безпосередньо на утилізацію ( $V_y$ ), логістичних витрат на зберігання та транспортування відходів ( $V_{\text{л}}$ ), витрат на послуги еколога ( $V_{\text{п}}$ ), а також екологічного збору для даної категорії відходів ( $E_3$ )

$$E_{\text{еколог.}} = V_y + V_{\text{л}} + V_{\text{п}} + E_3$$

Згідно із статистичними даними Державного комітету статистики України, загальний власний видобуток риби у 2013 році склав 216,354 тис. т. Крім того, аналіз даних митної статистики свідчить, що у 2013 р. імпортувалося замороженої риби 329,8 тис. т, свіжої та охолодженої риби – 23,3 тис. т. Отже, доступний для переробки на внутрішньому ринку загальний обсяг риби становив 569,5 тис. т. За оцінками спеціалістів, 10% від цього обсягу складають саме малоцінні відходи (нутрощі риб), які наразі не переробляються. Таким чином, загальний обсяг відходів, який створює екологічне навантаження на навколишнє середовище у зазначеному періоді, становив близько 56,95 тис. т. Розрахунок сумарного екологічного ефекту, що може бути отриманий вітчизняними рибопереробними підприємствами та суспільством в цілому від повної переробки рибних відходів, представлено в табл. 2. За нашими розрахунками, його загальна сума становитиме 60 млн грн. на рік за умови збереження обсягів видобутку та переробки риби.



Таблиця 2. Розрахунок річного екологічного ефекту від повної переробки  
рибних відходів на вітчизняних підприємствах\*

Статті витрат	Витрати на 1 т рибних відходів (грн)	Загальний обсяг витрат на повну утилізацію рибних відходів (тис. грн)
Витрати на утилізацію рибних відходів на спеціальних полігонах	780	44460
Логістичні витрати на зберігання та транспортування відходів	≈ 30% від суми витрат на утилізацію	13338
Екологічний податок: на полігонах у межах населеного пункту на відстані менш як 3 км від таких меж на полігонах за межами міста	3,17 9,51	180,7 542,1
Витрати на послуги еколога	0,04% від суми витрат на утилізацію	1778,4
Загальний обсяг витрат за всіма статтями		59757,1 – 60118,5

Примітка: \* розраховано відповідно до поточних ринкових цін, діючих тарифів та ставок екологічного податку

Джерело: розраховано за даними [11; 12].

У результаті повної переробки рибних відходів за представленою технологією може бути отриманий новий продукт – протеїнова суміш, яка не має ринкових аналогів, але за своїми якісними параметрами може розглядатися як продукт, близький до рибного борошна та желатину. Для оцінки можливого комерційного ефекту від виробництва та продажу зазначеної вище протеїнової суміші, нами в якості індикативної ціни було обрано ринкові ціни рибного борошна як продукту більш дешевого. А отже, наш прогностичний розрахунок орієнтований на мінімальну ціну, за якою можливо буде реалізовувати протеїну суміш.

Світовий стандарт цін на рибне борошно з 65-відсотковим вмістом протеїну становить 1300 дол. за тонну. Кожен доданий відсоток протеїну підвищує її ціну на 100 доларів. На внутрішньому ринку середня ціна рибного борошна (сирий протеїн 51%) становить 11 тис./т. Середня ціна на внутрішньому ринку харчового желатину українського виробництва становить 85000 грн/т.

При розрахунку вартості виробництва протеїнової суміші ми виходили з того, що для організації технологічного процесу:

- використовується наявне на підприємстві обладнання, встановлення додаткового обладнання не передбачається;
- не потрібно проводити додатковий набір працівників;
- не потрібно залучати додаткові виробничі площі.

Таблиця 3. Розрахунок економічних витрат  
на повну переробку рибних відходів \*

Статті витрат	Одиниці вимірювання	Обсяг на 1 т відходів	Загальна сума витрат, грн
0,1н розчин NaOH**	кг	6,72	151,2
0,5М CH <sub>3</sub> COOH**	кг	50,4	856,8
Фермент**	кг	7,28	174,72
Вода на технологічні потреби**	м <sup>3</sup>	120	895,2
Електроенергія на технологічні потреби**	Квт	42,5	26,73
Закупівля рибних відходів**	кг	1000	300
Амортизація обладнання**	грн	23,3	23,3
Загальна сума витрат на 680 кг сухого продукту	грн		2427,95
Загальна сума витрат на 1000 кг сухого продукту	грн		3570,5

\*Вихід з 1000 кг відходів становить – 3400 літрів рідини або близько 680 кг (сухого порошку)

\*\* Розраховано авторами відповідно до поточних ринкових цін та тарифів

Джерело: власні дослідження.

Таким чином, загальні витрати на повну переробку рибних відходів за зазначеною технологією потребують лише витрат на сировину, матеріали, паливо та амортизацію обладнання (табл. 3). Величина амортизації на практиці буде варіюватися залежно від стану обладнання, що застосовується на підприємствах. Повна переробка 56,95 тис. т рибних відходів, які щорічно нагромаджуються у виробництві риби та рибопродуктів України, потенційно може забезпечити виготовлення близько 38,7 тис. т протеїнової суміші, що при ціні в 11000 грн/т даватиме загальний доход близько 425,7 млн грн Комерційний ефект виробництва протеїнової суміші з малоцінних рибних відходів за вищезазначених умов становитиме близько 287,52 млн грн.

#### Висновки та перспективи подальших досліджень

Таким чином, враховуючи особливості законодавства, цін та масштабів внутрішнього ринку, загальний річний економічний ефект від повної переробки рибних відходів в Україні може складати близько 347,52 млн грн. Він складається з комерційного та екологічного ефектів. Комерційний ефект розраховується як ринкові вигоди від створення та продажу нового продукту – протеїнового концентрату. Екологічний ефект складають суми витрат, що існують на даний момент і пов'язані з необхідністю проведення заходів щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище від утворення та

знешкодження зазначених відходів. Серед ризиків, що можуть завадити отриманню розрахованого економіко-екологічного ефекту, варто зазначити: зміни вітчизняного законодавства, падіння обсягів добування та переробки риби, скорочення споживання риби та рибопродуктів, поява альтернативних, більш досконалих технологій.

Додатковий комерційний ефект від запровадження представленої технології повної переробки малоцінних рибних відходів може дати експорт протеїнової суміші на міжнародний ринок, де на сьогоднішній день, враховуючи зміну курсу національної валюти, ціна 1 т рибного борошна на  $\approx 48\%$  вища за ціну внутрішнього ринку, яка була покладена в основу розрахунку.

Перспективи подальших досліджень полягають у доповненні екологічного ефекту розрахунками щодо зменшення витрат на відновлення земельних площ, що використовуються в якості сміттєвих полігонів, а також втрат від виведення цих земель з господарського обороту. Впровадження технологій отримання протеїнового концентрату з колагенмістких відходів харчової промисловості безпосередньо сприятиме також раціональному використанню обмежених водних біоресурсів.

### Література

1. Плаван В. П., Тарасенко Н. В., Коляда М. К. Використання відходів харчової та легкої промисловості для отримання біодеградабельних композитів різного призначення / В. П. Плаван, Н. В. Тарасенко, М. К. Коляда // Збірник тез доповідей Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології», 4–7 листопада 2014 р., м. Київ. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2014. – С. 11–16.
2. Богданова И. Е. Современные направления переработки коллагенсодержащих отходов кожевенного производства / И. Е. Богданова // Кожевенно-обувная промышленность. – 2007. – № 2. – С. 30–31.
3. Коваленко В. О. Харчова та біологічна цінність білкової добавки на основі рибної колагенмісткої сировини / В. О. Коваленко, Б. О. Панікарова // Східноєвропейський журнал передових технологій, Технології та обладнання харчових виробництв. – 2012. – № 1/6 (55). – С. 49–51.
4. Киладзе А. Б. Рыбные отходы – ценное сырье / А. Б. Киладзе // Рыбное хозяйство. – № 3. – 2004. – С. 58.
5. Титов Е. И. Использование коллагенсодержащего сырья в мясной промышленности / Е. И. Титов, С. К. Апраксина, Л. Ф. Митасева, А. Ю. Соколов // Мясная индустрия. – 2008. – № 6. – С. 49–52.
6. Кошелева О. С. Получение белковых оболочек из кожевенных отходов / О. С. Кошелева // Кожа и обувь. – 2005. – № 2. – С. 42–47.

---

7. Koliada M. Problems of efficient processing and use of collagen-containing materials / M. Koliada, V. Plavan //Pure and Applied Chemistry. – 2015. – Vol.87. – Issue 1. – P. 43–49.

8. Радовенчик В. М. Тверді відходи: збір, переробка, складування / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля / навч. посіб. – К.:Кондор, 2010. – 552 с.

9. [Електронний ресурс]: Consumption of Fish and Fishery – [Online]. – Availableat: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-consumption/en>

10. Рибництво: потенціал є! [Електронний ресурс]: <http://www.agro-business.com.ua/2010-06-11-12-52-32/2248-2014-06-10-10-27-02.html>

11. Податковий кодекс України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua>

12. Закон України «Про відходи». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80/page3>

---