

---

# ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

---

## ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 635-155:631.454

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.46>

---

### ПЕРЕРОБКА РОСЛИННИХ РЕШТОК І ЇХНІЙ ВПЛИВ НА АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТУ

---

**Бреус Д.С.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка,  
Херсонський державний аграрно-економічний університет

**Білошкуренок О.С.** – здобувач вищої освіти І-го бакалаврського рівня

II-го курсу спеціальності 101 «Екологія»,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

*Агротехнічний досвід сільськогосподарських підприємств передових країн світу, які спеціалізуються тільки на виробництві рослинницької продукції, показує, що значна частина у структурі посівів припадає на вирощування обмеженої кількості культур і значну їхню частку у структурі посівів у сівозмінах із короткими ротаціями. У таких виробничих умовах постійне використання корисних залишків попередників у сівозміні забезпечує збереження родючості ґрунтів та економію мінеральних добрив.*

*Частини рослин, що використовуються для виробництва їжі, тканин або для задоволення потреб кормового виробництва, становлять меншу частину фітомаси, яку щорічно виробляє сільське господарство, причому основу становлять рослинні рештки. Кількість та якість рослинної маси, що надходить до ґрунту після різних культур, значною мірою визначає режим мінерального живлення, агрономічні властивості ґрунту і фітосанітарний стан. Сільськогосподарські культури внаслідок різних біологічних особливостей і технології вирощування неоднаково впливають на режим органічної речовини.*

*Поживні залишки зазвичай є частинами рослин, що залишаються на полі після збирання та обмолочування врожаю. Протягом тривалого часу вони вважалися відходами, що потребують утилізації. Але за останні роки все більше виробників сільськогосподарської продукції усвідомлюють важливість органічних решток для відновлення збіднених на мікроелементи ґрунтів. Переробка рослинних решток підтримує фізичний, хімічний, біологічний стан ґрунту і покращує загальний екологічний баланс системи рослинництва. Поживні рештки є основним джерелом органічної речовини, доступної для рослин. Наприклад, вуглець (С) становить близько 40% від загальної сухої біомаси і є важливим компонентом для стабільності сільськогосподарських екосистем, тому його нестачу у ґрунті через винесення сільськогосподарськими культурами здатні відновити поживні залишки, що покращує структуру і здатність ґрунту утримувати інші поживні речовини та воду. Окрім того, залишки забезпечують ґрунт калієм (К) і поживними елементами, які можуть бути недоступними в неорганічних добривах. Використання сидеральних добрив і поживних решток шляхом внесення їх у ґрунт є ключовим аспектом у зростанні продуктивності і врожаю сільськогосподарських культур.*

**Ключові слова:** переробка рослинних решток, сталий розвиток, органічна речовина, поживні речовини, органічне землеробство.

---

**Breus D.S., Biloshkurenko O.S. Processing of vegetable residues and their impact on the agroecological condition of soil**

*The agro-technical experience of agricultural enterprises of the world's leading countries, which specialize exclusively in crop production, shows that a significant part of the structure of their crop production is growing a limited number of crops and a significant share of them are in short rotations. In such production conditions, the constant use of useful residues of previous crop rotations ensures the preservation of soil fertility and savings on the use of mineral fertilizers.*

*Parts of plants that are used for food production, fabrics, or to meet the needs of fodder production, make up a smaller part of the phytomass produced annually by agriculture, the main are plant residues. The quantity and quality of plant mass entering the soil after different crops largely determines the regime of mineral nutrition, agronomic properties of the soil and phytosanitary condition. Crops, due to different biological characteristics and cultivation technologies, have different effects on the regime of organic matter.*

*Crop residues are usually parts of plants that remain in the field after harvesting and threshing. For a long time, they were considered waste that needed to be disposed of. But in recent years, more and more agricultural producers are realizing the importance of organic residues for the recovery of micronutrient-depleted soils. Processing of crop residues supports the physical, chemical and biological condition of the soil and improves the overall ecological balance of the crop system. Nutrient residues are the main source of organic matter available to plants. For example, carbon (C) accounts for about 40% of total dry biomass and is an important component for the stability of agricultural ecosystems. Therefore, its lack in the soil, due to the removal of crops for normal plant growth, is able to restore crop residues, which improves the structure and ability of the soil to retain other nutrients and water. Residues also provide the soil with potassium (K) and nutrients that may be unavailable in inorganic fertilizers. The use of green manure and crop residues, by applying them to the soil, is a key aspect in the growth, productivity and yield of crops.*

***Key words:** processing of crop residues, sustainable development, organic matter, nutrients, organic farming.*

**Постановка проблеми.** Більше половини всіх сухих речовин у сільському господарстві припадає на солому зернових і бобових, на верхівки, стебла і листя олійних, цукрових та овочевих культур, а також на обрізку та опале листя плодкових і горіхових дерев. Ураховуючи це, використання рослинних решток як органічного добрива є одним із перспективних способів покращення агроекологічного стану ґрунтів, що використовуються у сільському господарстві.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Перетворення вуглецю та азоту з органічної речовини ґрунту переважно мають мікробіологічну основу. Органічні матеріали ґрунту є трофічними ресурсами гетеротрофних ґрунтових організмів. Органічні речовини відіграють важливу роль у багатьох процесах, що відбуваються у ґрунті [13].

Введення рослинних решток пропонується як стійкий та економічно ефективний інструмент управління у сільському господарстві задля збереження органічної речовини ґрунту [11]. Довгостроковий баланс між надходженням вуглецю у ґрунт через рослинні залишки і втратами через мінералізацію та окислення визначає вміст органічного вуглецю у ґрунті та кругообіг поживних речовин в агроєкосистемі [7]. Різні рослинні рештки часто виявляють різні фізико-хімічні властивості, впливаючи на ґрунт по-різному. Їхній біохімічний склад і фізична структура впливають на мінералізацію. Деякі дослідження продемонстрували у лабораторних і польових умовах, що геміцелюлоза, лігнін і фізичний розмір рослинних решток впливають на швидкість розкладання вуглецю та азоту [12].

Уміст розчинного вуглецю визначає початкову швидкість розкладання рослинних решток, тоді як вміст лігніну контролює середньо- та довгострокову його кількість. Додавання рослинних решток із більшою швидкістю потенційно збільшує мінералізацію вуглецю. Більше того, дослідження показали, що застосування 25 видів рослинних решток із широким діапазоном хімічного складу впливало на

мінералізацію вуглецю. Крім того, досліджувався ефект від залучення залишків різних органів рослин окремо (коріння, листя, стебла тощо). Як і очікувалося, різні органи рослин також по-різному вплинули на мінералізацію азоту у ґрунті. Корені демонструють значно нижчу мінералізацію  $N$  порівняно з пагонами і листям [8].

Біохімічний склад або параметри якості, такі як загальна концентрація  $N$ , уміст лігніну, целюлози і геміцелюлози, значно впливають на розкладання рослинних решток. Паралельно деякі співвідношення та індекси, такі як співвідношення  $C:N$ , співвідношення лігніну:  $N$  та лігноцелюлозний індекс (LCI), вважаються корисними індикаторами для оцінки як розкладання, так і вивільнення  $N$ -додаваних залишків. Гетеротрофні мікробні організми контролюють сполучення циклів  $C$  і  $N$  у ґрунтах. Різноманітність та активність цих мікробних організмів, а також пропорції основних елементів ( $C$ ,  $N$ ,  $P$ ,  $S$ ) у рослинних залишках визначають розподіл між  $C$  і  $N$ , які мінералізуються. У цьому випадку зв'язок між додаванням рослинних залишків і мікробними організмами привертає все більшу увагу. Визначено, що додавання залишків пшеничної соломи спричинює зміну різноманітності і функції мікробних організмів. Окрім того, додавання різної кількості рослинних решток сприяє поширенню деяких бактеріальних груп (*Bacteroidetes* і *Proteobacteria*), тоді як рослинні залишки низької якості сприяють поширенню грибів [14]. Виявлено, що залишки сої значно впливають на бактеріальний стан ґрунту, внаслідок чого на початковій стадії внесення рослинних решток збільшується кількість бактерій, таких як *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Firmicutes* та *Acidobacteria*. Мікробні організми у ґрунтах виробляють декілька ферментів, які беруть участь у розкладанні рослинних решток. Доведено значне збільшення активності кількох ферментів ( $\beta$ -глюкозидази, целобіогідролази, ксилозидази,  $N$ -ацетил-глюкозамінідази та амінопептидази) із помітним збільшенням через 10 днів після додавання залишків пшениці. Збільшення активності цих ферментів пов'язане зі стимуляцією мікробного росту і великою кількістю деяких функціональних генів [9].

Окрім того, деякі науковці фіксують, що еволюція мікробних організмів і вироблення ферментів під час розкладання рослинних решток пов'язане з якістю залишків. Виявлено, що мікроорганізми демонструють початковий швидкий ріст у присутності якісних решток (наприклад листя) і виробляють ферменти, які неефективно розкладають більш тверді рештки. Але за наявності твердіших коренів кукурудзи мікроби зростали повільніше, але виробляли ферменти більш високої ефективності. Таку високу ефективність ферментів можна пояснити синергетичною дією гідролітичних та окислювальних ферментів навіть на ранніх стадіях розкладання [10].

Оскільки різні сільськогосподарські культури виробляють різні залишки, розуміння кінетики деградації залишків та її впливу на здоров'я ґрунту представляє великий інтерес для оцінки систем сільськогосподарських культур [1].

**Постановка завдання.** Метою дослідження є визначення доцільності, шляхів і можливості використання рослинних залишків для покращення агроекологічного стану ґрунтів.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Жодна країна не веде статистики утворення рослинних решток. Цей показник розраховувався лише як частина досліджень, яка оцінює можливості кращого управління агроекосистемою, розраховує потенційну кількість енергії із біомаси або кількість ресурсів для годівлі тварин. Найактуальніші показники залишкової фітомаси надходять опосередковано, із досліджень індексу врожаю, який

є відношенням урожайності сільськогосподарських культур (насіння, листя, стебла чи коріння) до загальної надземної фітомаси культури [5].

Наприклад, традиційні сорти пшениці, культивовані на початку ХХ століття, були приблизно 1 м заввишки і мали індекс врожаю переважно від 0,25 до 0,35, даючи в 1,8-3,0 рази більше залишкової фітомаси, ніж зерна. Із розвитком селекції сорти 1960-х років мали розмір не більше 75 см, а їхній індекс врожаю становив приблизно 0,35; наприкінці 1970-х років більшість сортів пшениці із коротким стеблом мали індекс врожаю близько 0,5 і приносили у перерахунку на одиницю маси однакову кількість зерна та соломи.

Типові середні значення індексу врожаю в нашій дні становлять 0,40-0,47 (для пшениці) та 0,40-0,50 (для високоврожайного рису). Потреба у виробництві структурованих і фотосинтетичних тканин ставить чітке обмеження для індексу врожаю. Найімовірніший максимальний показник цього індексу для зернових культур становить від 0,60 до 0,65 через неможливість підтримувати відсоток більше, ніж 65% від загального врожаю у вигляді зерна на менш ніж 35% від загальної фітомаси [3].

Індекси врожаю для основних польових культур можна розрахувати, але вибір середніх значень для розрахунку загальнонаціонального або глобального утворення залишків продуктів рослинництва є досить складною задачею, оскільки співвідношення різняться як серед різних, так і для одного сорту, вирощеного у різних умовах. Концентрація поживних речовин у рослинних залишках залежить від умов ґрунту, ротації культур, сорту, сезону тощо [2].

Установлено, що близько 40% азоту (*N*), 30-35% фосфору (*P*), 80-85% калію (*K*) і 40-50% сірки (*S*), які поглинаються рисом, залишаються у вегетативних частинах під час дозрівання. Аналогічно близько 25-30% *N* і *P*, 35-40% *S* і 70-75% *K*, що поглинаються рослинами під час росту, зберігаються у залишках пшениці після її збирання. Зазвичай кількість поживних речовин у рисовій соломі становить: 5-8 кг азоту (*N*), 0,7-1,2 кг фосфору (*P*), 12-17 кг калію (*K*), 0,5-1 кг сірки (*S*), 3-4 кг кальцію (*Ca*) та 1-3 кг магнію (*Mg*) на тонну соломи у перерахунку на суху вагу. Одна тонна пшеничного залишку містить 4-5 кг *N*, 0,7-0,9 кг *P* і 9-11 кг *K* [6].

Окрім природного добрива, поживні рештки є значними глобальними запасами клітковини, енергії і поживних речовин для рослин. У складі залишків переважають целюлоза, геміцелюлоза і лігнін. Целюлоза – лінійний полісахарид, що містить 1-4 β-зв'язаних одиниць глюкози із молекулярною масою, яка знаходиться у діапазоні 300 000-500 000 і зазвичай становить 30–50% від залишкової фітомаси. Геміцелюлоза – це один лінійний полімер, що складається із пентоз і зазвичай становить 25-30% від сухої фітомаси. Лігнін становить переважно 10-20% від сухої фітомаси [4].

Якщо припустити, що не більше 35% соломи та маси стебла буде використано у вигляді целюлози (для деревини вихід сировини становить приблизно 50%), то світові рослинні рештки містять еквівалент приблизно  $1,3 \times 10^9$  тонн целюлозних волокон, або приблизно у вісім разів більше, ніж нині щорічно виробляється із деревини. Але навіть якби не було інших застосувань для цих залишків, вони не стали б основним постачальником целюлози: низька щільність соломи зернових (зазвичай лише 50–100 кг/м<sup>3</sup> порівняно із 600-800 кг/м<sup>3</sup> для деревини) та їхня розрізнена і сезонна доступність, що призводить до високих витрат на збирання і транспортування, є очевидними недоліками порівняно із деревиною [18].

Енергетичний уміст сухих залишків у середньому становить приблизно 18 МДж/кг (або приблизно 4300 ккал/кг), отже, їхній річний видобуток містить

близько  $65 \times 10^{18}$  Дж, що еквівалентно приблизно  $1,5 \times 10^9$  тоннам сирової нафти. Для порівняння: річне світове споживання паливної деревини і деревного вугілля нині становить близько  $1,0 \times 10^9$  тонн нафтового еквівалента, а природного газу – приблизно  $1,9 \times 10^9$  тонн нафтового еквіваленту [16].

Наслідком розорювання пасовищ на сільськогосподарських угіддях стало значне зниження концентрації органічної речовини ґрунту. У більшості випадків утрата органічної речовини ґрунту відбувалася відразу після зміни цільового призначення землі через невідповідні агротехнічні заходи. Багаторічні дослідження свідчать про зниження вмісту азоту у ґрунті на 25-70% за останні 30-90 років [12].

Зменшення вмісту органічної речовини ґрунту часто супроводжується структурним погіршенням уражених ґрунтів, що призводить до утворення кірки на поверхні. У свою чергу, знижена інфільтрація води і менша кількість фітомаси призводять до зниження присутності ґрунтових мікроорганізмів і безхребетних, діяльність яких є важливою для підтримки високопродуктивних ґрунтів. Дошові черв'яки є особливо ефективними під час створення бажаних фізичних і хімічних змін у ґрунтах; їхня чисельність різко зменшується внаслідок видалення рослинних решток і спалювання їх на полі. Такі зміни мають значні довгострокові наслідки [15].

Використання коріння і стерні є достатнім для підтримки високого рівня органічної речовини ґрунту, особливо там, де сівозміни містять «зелене добриво» (тобто зернобобові покривні культури, вирощені протягом короткого періоду часу, а потім переорані) або бобові корми. Довгострокові польові експерименти показують лінійне збільшення вмісту вуглецю у ґрунті внаслідок внесення рослинних решток. Швидкість цього збільшення залежить переважно від факторів, які контролюють розкладання решток. Окрім того, існує верхня межа кількості вуглецю, який може утримуватись у мінеральних ґрунтах [18].

Одним із методів переробки залишків сільськогосподарської продукції є компостування – процес, що прискорює природне гниття органічного матеріалу, забезпечуючи ідеальні умови для процвітання організмів, які харчуються детритом. Кінцевим продуктом цього процесу розкладання є багатий на поживні речовини ґрунт. Мікроорганізми живляться як вуглецем, так і азотом. Вуглець дає мікроорганізмам енергію, велика частина якої виділяється у вигляді вуглекислого газу і тепла, азот забезпечує додаткове харчування для продовження росту і розмноження. Якщо у компостній купі занадто багато вуглецю, розкладання відбувається набагато повільніше, оскільки виділяється менше тепла через те, що мікроорганізми не можуть так швидко рости і розмножуватися, отже, не можуть так швидко розщеплювати вуглець. З іншого боку, надлишок азоту може призвести до підвищення кислотності компостної купи, що може бути токсичним для деяких видів мікроорганізмів [14]. Для допомоги зі складнішими відходами до компостних майданчиків часто додають гній худоби задля збільшення тепла і швидкості компостування. Перегній трав'яних тварин, зокрема корів, овець і кіз, уже містить велику кількість азоту та багато аеробних мікроорганізмів, необхідних для компостування. Цей тип гною зазвичай не містить небезпечних патогенів, які можна знайти у послідах тварин, які харчуються м'ясом, таких як кішки та собаки [13].

Одним із способів застосування рослинних решток є мульчування. Мульча впливає на характеристики тепло- і водопроникнення мульчувального ґрунту, що також покращує здатність ґрунту накопичувати воду і зменшує втрати на випаровування. Сприятливим впливом мульчі рослинних решток на ґрунт є збереження

вологи і помірна температура ґрунту. Поживні рештки також є ефективним засобом проти вітрової і водної ерозії ґрунту. Визначено, що поживні залишки у вигляді мульчі дають на 40% більшу щільність коренів порівняно із відсутністю мульчування у нижніх шарах (> 0,15 м), ймовірно, завдяки більшому утриманню ґрунтової вологи у глибших шарах ґрунту [17].

**Висновки та пропозиції.** Використання рослинних решток як матеріалу для мульчування є одним із перспективних напрямів, оскільки це знижує максимальну температуру ґрунту і зберігає воду. Тривале внесення рослинних решток покращує врожайність ґрунту, тому рослинні рештки слід використовувати шляхом належної переробки у ґрунті. Поживні залишки пропонують стійкі та екологічно безпечні альтернативи для задоволення потреб сільськогосподарських культур у поживних речовинах, покращення якості ґрунту і навколишнього середовища. Органічний матеріал – це динамічний матеріал, який змінює або покращує фізичні (об’ємна щільність, пористість, наявна водоємність, гідравлічна провідність), хімічні (NPK, S, Zn, Fe) та біологічні (гриби, актиноміцети, бактерії) властивості ґрунту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Breus D.S., Skok S.V. Spatial modelling of agro-ecological condition of soils in steppe zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 48(3). P. 627-633.
2. Breus D., Yevtushenko O., Skok S., Rutta O. Retrospective studies of soil fertility change on the example of the Kherson region (Ukraine). *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM 19 (5.1)*, 2019. P. 645-652.
3. Dobermann A., Witt C. The Potential Impact of Crop Intensification on Carbon and Nitrogen Cycling in Intensive Rice Systems. *International Rice Research Institute*, Los Baños, Philippines, 2000. P. 1-25.
4. Dudiak N.V., Pichura V.I., Potravka L.A., Strachuk N.V. Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20, Iss. 8. P. 192-198.
5. Ghimire B., Ghimire R., VanLeeuwen D., Mesbah A. Cover crop residues amount and quality effects on soil organic carbon mineralization. *Sustainability*. 2017. No 9. P. 23-16.
6. Kerdraon L., Balesdent M.H., Barret M., Laval V., Suffert F. Crop residues in wheat–oilseed rape rotation system: a pivotal, shifting platform for microbial meetings. *Microbial Ecology*. 2019. Vol. 77. P. 931-945.
7. Koceja M.E., Bledsoe R.B., Goodwillie C., Peralta A.L. Nutrient enrichment increases soil bacterial diversity and decomposition rates of different litter types in a coastal plain wetland. *BioRxiv*. 2019. doi: 10.1101/732883.
8. Lehtinen T., Schlatter N., Baumgarten A., Bechini L., Krüger J., Grignani C, Zavattaro L, Costamagna C, Spiegel H. Effect of crop residues incorporation on soil organic carbon and greenhouse gas emissions in European agricultural soils. *Soil Use and Management*. 2014. Vol. 30. P. 524-538.
9. Lisetskii F.N., Pichura V.I., Breus D.S. Use of geoinformation and neurotechnology to assess and to forecast the humus content variations in the steppe soils. *Russian Agricultural Sciences*. Vol. 43 (2). P. 157-161.
10. Moreno-Cornejo J., Zornoza R., Faz A. Carbon and nitrogen mineralization during decomposition of crop residues in a calcareous soil. *Geoderma*. 2014. Vol.230-231. P. 58-63.
11. Paterson E., Midwood A.J., Millard P. Through the eye of the needle: A review of isotope approaches to quantify microbial processes mediating soil carbon balance. *New Phytologist*. 2009. Vol.184. P. 19-33.
12. Pichura V.I., Potravka L.A., Dudiak N.V., Skrypchuk P.M., Strachuk N.V. Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations

Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46 (2). P. 402–407.

13. Бреус Д.С. Дослідження екологічного стану акваторії каховського водосховища. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. С. 9-18.

14. Бреус Д.С. Світовий досвід ведення органічного землеробства та перспективи його розвитку в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Т. 116. С. 198-206.

15. Лисецкий Ф.Н., Павлюк Я.В., Кириленко Ж.А., Пичура В.И. Бассейновая организация природопользования для решения гидроэкологических проблем. *Метеорология и гидрология*. 2014. № 8. С. 66-76.

16. Лисецкий Ф.Н., Пичура В.И. Оценка и прогноз изменений содержания гумуса в степных почвах с использованием геоинформационных и нейротехнологий. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2017. № 1. С. 24-28.

17. Пичура В.И. Пространственно-временное прогнозирование изменений параметров агрохимических показателей мелиорируемых почв с использованием ГИС и нейротехнологий. *Агрохімія і ґрунтознавство*. № 78. С. 87-95.

18. Терехин Э.А., Пилипенко Ю.В., Пичура В.И., Чепелев О.А. Использование данных дистанционного зондирования земли и нейротехнологий для совершенствования мониторинга лесных массивов. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 4. С. 41-47.

UDC 597.556

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.47>

---

## BIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE BREAM *ABRAMIS BRAMA* L. IN THE DNIEPER-BUG MOUTH REGION

---

**Kornienko V.O.** – Candidate of Agricultural Sciences,  
Associate Professor at the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture,  
Kherson State Agrarian and Economic University

**Olifirenko V.V.** – Candidate of Veterinary Medicine,  
Associate Professor at the Department of Ecology and Sustainable Development  
named after Professor Yu.V. Pilipenko,  
Kherson State Agrarian and Economic University

**Rozhkov V.V.** – Candidate of Agricultural Science,  
Associate Professor at the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture,  
Dnipro State Agrarian and Economic University

*The effective functioning and development of the fishing industry of Ukraine in the economic space is determined not only by quantitative indicators, but also by the peculiarities of the economic relations formed at the end of the past – the beginning of the present century. The basis of the raw material base of the fishing industry of Ukraine, including the Kherson region, at the end of the 20th century was formed mainly due to catches of fish and seafood and, to a lesser extent, the products of intensive fish farming. At the same time, the fisheries of the Kherson region over the past decade have seen a steady decline in production and processes of reducing its potential, including the aging of the technical base, increasing resource and financial imbalances, leading to a decline in production. The situation is exacerbated by the increasing anthropogenic pressure on aquatic ecosystems, which has caused a sharp decline in fish catches of major industrial categories, additionally a few rare species have disappeared from industrial statistics. Natural fish populations adequately respond to the situation through*

---