



УДК 574.5:597.2/5(262.5+262.54)

DISTRIBUTION OF PLASTIC IN THE NEUSTAL AND BENTHAL OF THE BLACK SEA AND ITS INFLUENCE ON THE ONTOGENESIS OF MARINE BONE FISHES

РОЗПОДІЛ ПЛАСТИКУ В ГІПОНЕЙСТАЛІ ТА БЕНТАЛІ ЧОРНОГО МОРЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ОНТОГЕНЕЗ МОРСЬКИХ КІСТКОВИХ РИБ

Vinogradov O.K. / Виноградов О.К.

d.b.s., chief scientist / д.б.н., пров.н.с.

Institute of Marine Biology

of the National Academy of Sciences of Ukraine,

Odesa, Italiiska, 37, 65048

Інститут морської біології

Національної академії наук України,

Odesa, Італійська, 37, 65048

Khutornoi S.O. / Хуторной С.О.

ORCID: 0000-0003-1351-8610

phD., ¹Head of the Black Sea Department,

²Senior Researcher / к.б.н.,

¹завідувач Чорноморського відділу, ²с.н.с.

¹ Institute of Fisheries, Marine Ecology And Oceanography,

Sofivska Borshchahivka village, Buchanskyi district,

Kyiv region, Sadova, 26, 08131

¹Інститут рибного господарства, екології моря та океанографії,

Софіївська Борщагівка, Бучанський район,

Київська обл., Садова, 26, 08131

²Institute of Marine Biology

of the National Academy of Sciences of Ukraine,

Odesa, Italiiska, 37, 65048

²Інститут морської біології Національної академії наук України,

Odesa, Італійська, 37, 65048

Synyogub I.O. / Синьогуб І.О.

Senior Scientist / с.н.с.

Institute of Marine Biology

of the National Academy of Sciences of Ukraine,

Odesa, Italiiska, 37, 65048

Інститут морської біології

Національної академії наук України,

Odesa, Італійська, 37, 65048

Анотація. У процесі еволюції риби виробили різні еколого-морфологічні пристосування, що дозволяють ікринкам і передличинкам пасивно, а личинкам і малькам активно підніматися та утримуватись у гіпонейсталі морів. У гіпонейсталі для личинок риб також формуються оптимальні температурні та кисневі умови, а також забезпеченість кормовими об'єктами необхідних розмірів.

Концентрація та розподіл риб на ранніх стадіях розвитку в гіпонейсталі визначаються не лише їх еколого-морфологічними пристосуваннями, а й рухами води. Вони формують підвищені концентрації сестону, фіто- та зоопланктонних організмів, іхтіонейстону та



різного виду сміття та плавника. У Світовий океан щорічно у різних видах може надходити до 8–10 млн т «твердого» та «м'якого» (плівки) пластику. Пластик, що опинився на дні, накопичується біля берегів у місцях нересту донних риб і часто виконує роль твердого субстрату для відкладання ікри. У зонах прибережних поверхневих колообігних течій і циркуляцій у відкритих водах моря пластик утворює великі за площею, щільні багатoshарові скупчення. У цих зонах зазвичай нерестяться масові види риб з пелагічною ікрою і тримаються їх личинки та мальки. Сюди ж потрапляють пелагічні личинки та мальки багатьох видів риб із донною ікрою. Покриті бактеріально-водоростевою плівкою частинки мікропластику мають певне кормове значення для личинок та мальків риб у гіпонеїсталі, хоча сам пластик ними не перетравлюється. Личинки та мальки зі складу іхтіонейстону можуть брати участь у біоседиментації мікропластику разом із фекаліями.

Ключові слова: Чорне море, онтогенез риб, іхтіонейстон, гіпонеїсталь, рух води, пластик, мікропластик.

Вступ.

Метою даного дослідження є виявлення та опис закономірностей одночасного знаходження в гіпонеїсталі ікри, личинок, мальків, твердого пластику та мікропластику, а також оцінка ролі пластику у розмноженні риб з демерсальною ікрою на підставі аналізу та узагальнення розрізнених даних про еколого-морфологічні адаптації морських кісткових риб на ранніх стадіях розвитку та рухах води у приповерхневому шарі вод Чорного моря.

Під іхтіонейстоном мається на увазі комплекс високоплавучих ікринок, передличинок, личинок і ранніх мальків морських кісткових риб, існування яких протягом того чи іншого часу пов'язане з приатмосферним горизонтом моря товщиною від декількох сантиметрів до декількох десятків сантиметрів (гіпонеїсталь і прилегла знизу верхня епіпелагіаль) [1,4,5]. У приповерхневому шарі води накопичуються також і мертва ікра та личинки риб на різних стадіях розкладання. Іноді навіть трапляється донна ікра атерини *Atherina pontica* (Eichwald, 1831) та саргана *Belone euxini* Günther, 1866) разом з фрагментами макрофітів.

Пластик та мікропластик, а також риби на ранніх стадіях розвитку, закономірно накопичуються в гіпонеїсталі. Пластик взагалі та мікропластик зокрема лише наприкінці ХХ ст. – початку ХХІ ст. набули значення важливого екологічного чинника, який можна порівняти багато в чому з природними факторами. Зараз масштаби надходження пластику в річкові системи, моря та Світовий океан викликають серйозне занепокоєння [7,11,13,14]. У відкритих



чорноморських територіальних водах України вивчення складу та розподілу мікропластика було перервано з початком повномасштабного вторгнення РФ і станом на 2025 рік існують досить обмежені дані з цього питання [12].

Пластик виявляється на поверхні вод, берегах безлюдних островів, дні глибоководних западин, тобто усюди. У морське середовище найчастіше потрапляють вироби з поліпропілену, полістиролу, полівінілхлориду, полікапролактаму, поліуретану, поліетилену, поліестеру, а також із фенолоформальдегідних смол. У Чорному морі біля берегів Туреччини основними синтетичними полімерами, ідентифікованими за допомогою інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є (FTIR), були поліпропілен (29,8%), поліестер (17,5%), акрил (15,8%), поліетилен (14,0%) та полістирол (1,8%), а 21,1% полімерів були целюлозними [9].

Якщо великорозмірний пластик в тій чи іншій мірі затримується у річищах річок і може вилучатися спеціально, то мікропластик, взважений у воді, неминуче потрапляє в Чорне море як базис стоку при різних коливаннях самого обсягу стоку. Статистичні аналізи показали, що концентрація пластику поблизу гирла річки Дунай значно вища, ніж у прибережних водах Румунії та Болгарії. Це пояснюється надходженням пластику з річки Дунай до західної частини Чорного моря [10].

Пластик, що накопичується на поверхні води або в гіпонеїсталі, піддається і підпорядковується тим же рухам води, що гіпонеїстон та плавник природного походження. У колообігах течій у морях і в зонах циркуляції океанічних течій з плавучого сміття, більшу частину якого складає твердий пластик, утворюються величезні багат шарові скупчення площею сотні квадратних кілометрів. Занурена у воду частина скупчення може повністю заповнювати шар гіпонеїсталі. У вигляді «плавучих островів» вони перешкоджають виникненню великих хвиль, гасять сильне хвилювання, а також послаблюють освітленість і прогрів поверхневого шару води, порушують газообмін з атмосферою.

У Чорному морі скупчення плавника на поверхні води, більшу частину якого складає пластик, приваблюють личинок і мальків ряду видів риби, що шукають



там укриття (*Mugilidae*, *Belonidae*, *Syngnathidae* та ін.).

Рибальські сітки та різні канати із синтетичних матеріалів присутні в морському середовищі зазвичай на законних підставах. Крім сіток і канатів у море з різних джерел потрапляє так званий «м'який» пластик у вигляді пакетів і плівок. Пластикові пакети виявляються на поверхні води, в її товщі та на дні.

Безпосередньо в прибережній зоні різних морів великі предмети з твердого пластику та їх фрагменти, що опинилися на дні, найчастіше використовуються рибами з донною ікрою як субстрат для її прикріплення, споруди гнізд і як укриття від ворогів і для засідки.

У північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ) на круглих буях із пластику, встановлених на глибині 5–6 м, нижня частина яких обросла баянцусами, дрібними мідіями та зеленими водоростями, були виявлені мальки барабулі звичайної *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758, зіркогляда *Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758, лисуна мармурового *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) і морських іглиць *Syngnathidae* довжиною 1,5–3,0 см. Під «м'яким» пластиком, що лежить на дні, часто виявляється присутність токсичного H_2S .

Матеріали та методи досліджень

Матеріалом досліджень є опубліковані та фондові дані ДУ «Інститут морської біології НАН України» та результати спостережень за особливостями розвитку та поведінки чорноморських кісткових риб, що мають відкритий або закритий плавальний міхур, а також відомості про рухи води у приповерхневому шарі та про значення пластику і мікропластику для риб. На прикладі особливостей їх онтогенезу констатується закономірна необхідність проходження ранніх стадій їх розвитку в гіпонеїстали, де в останні десятиліття вони стикаються з різними негативними проявами антропогенної діяльності, у тому числі із забрудненням морського середовища пластиком і мікропластиком.

Під пластиком у цій статті маються на увазі, насамперед, тверді пластикові предмети та їх фрагменти площею понад 25–30 см², а під мікропластиком – частинки завбільшки від 10 мкм до 5 мм. Мікропластик за своїми розмірами порівняний з нанопланктонними організмами, величина яких менше ніж 50 мкм,



і мікропланктонними організмами (віруси, бактерії, актиноміцети, мікроскопічні гриби, одноклітинні водорості, пропагули макрофітів, пелагічні личинки безхребетних), якими харчуються личинки та мальки риб.

Натурні дослідження проводились у період 1990–2021 років у прибережній зоні ПЗЧМ від мису Тарханкут до Кілійського гирла Дунаю, а також у низці лиманів на глибинах до 5–6 м переважно за допомогою підводного комплексу № 1. Зібрана в природних умовах ікра бичкових риб (Gobiidae) у лабораторії інкубувалась у плексигласових, поліетиленових та скляних посудинах, які слугували контролем аж до викльову при температурі (17–18 °С) та солоності (14–18‰). Спостереження за поведінкою личинок та мальків велися до їхньої загибелі. Статистично вірогідних відмінностей не встановлено. У дослідках використовувалася ікра бичків з роду *Pomatoschistus*, кніповичії кавказької *Knipowitschia caucasica* (Berg, 1916), бичка-зеленчака *Gobius ophiocephalus* Pallas, 1814, що мають пелагічну личинку, а також бичка жабоголового *Mesogobius batrachocephalus* (Pallas, 1814), бичка рудого *Ponticola euryccephalus* (Kessler, 1874) та бичка-пісочника *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), у яких пелагічні стадії відсутні.

Результати та обговорення

Розмноження та онтогенез кісткових риб. У Чорному морі зареєстровано 233 види та підвиди риб: морських – 148, прохідних – 16, солонуватоводних – 19, прісноводних – 50. У північних берегів басейну виявлено 152 види риб, з яких 145 є кістковими. Пелагічна ікра властива морським та солонуватоводним ридам, з яких 80 видів у своєму онтогенезі мають одну (ікра чи личинки) або дві (ікра та личинки) пелагічні стадії [1,2,3]. Абсолютна більшість риб з пелагічною ікрою, включаючи і риб-мігрантів відкритих вод, у період нересту наближаються до берегів у зону прибережних колообігних течій. Прибережні донні риби з пелагічною ікрою для нересту відходять від прибійно-небезпечної зони на глибини 5–10 м.

Пелагічні ікринки мають тонкі пружні оболонки і переносять хвилювання до 3–4 балів, але швидко пошкоджуються при ударах об тверді поверхні.



Опиняючись в гіпонеїстали, ембріони розвиваються в сприятливих кисневих умовах ($10\text{--}15 \text{ мгО}_2\cdot\text{дм}^{-3}$) та за середньої температури $22,5 \text{ }^\circ\text{C}$, що прискорює терміни викльову та забезпечує їх перебування в одній водній масі. Передличинки, що виклюнулися, і личинки риб споживають кисень пропорційно його концентрації у воді. Тільки досягнувши певного рівня розвитку, вони починають використовувати ту саму кількість кисню в деякому інтервалі його концентрації у воді.

Серед чорноморських пелагічних риб плавучу ікру мають представники родин *Engraulidae*, *Clupeidae*, *Carangidae*, *Mugilidae*, *Pleuronectidae* та ін. [1,2]. Серед риб з донною ікрою є види, що мають одну пелагічну личинкову стадію розвитку (*Gobiidae*, *Blennidae*, *Belonidae*, *Atherinidae* та ін.), або взагалі не мають. Риби з донною ікрою в основному відкладають її в спеціально підготовлені гнізда, що охороняються самцями або спільно. Для спорудження гнізд використовується як природний, так і штучний твердий субстрат. У шарі гіпонеїстали виявляються личинки і мальки, що розвиваються як у плавучій, так і в донній ікрі, а також в ікрі, що виношується [1].

У риб з пелагічною ікрою обводнення яєць відбувається у два етапи. Обводнення яєць викликане необхідністю створити нейтральну або близьку до неї плавучість. Вона досягається завдяки високому вмісту жиру в жовтку, а також внаслідок обводнення жовтка. У ряду чорноморських риб з пелагічною ікрою, зокрема у *Mugilidae*, у жовтку є одна або кілька великих жирових крапель. Під час другого етапу обводнення яєць оболонка відокремлюється від жовтка і між ними виникає заповнений водою перевітеліновий простір. Його обсяг зазвичай знаходиться у прямій залежності від солоності (щільності) води, в якій відбувається нерест.

Плавучість ікри риб зі складу іхтіонейстону і плавучість частинок мікропластику близькі до нейтральної і тому вони, опиняючись у гіпонеїстали, стають маркерами течій. У штильову погоду та при слабкому хвилюванні розподіл ікри пов'язаний з температурною мікроконвекцією та вихорами або циркуляціями Ленгмюра. Ці рухи води сприяють утриманню плавучої ікри в



гіпонеїстали на відстані від берега, в зоні прибережних колообігних течій [2,3].

Після викльовування в личинковому онтогенезі риб з пелагічною ікрою прийнято виділяти три етапи. На першому етапі передличинки або ранні личинки використовують запаси жовткового мішка. Вони слабо розвинені, голова притиснута до великого жовткового мішка. Грудні плавці зародкові або відсутні, рот не прорізаний, очі не пігментовані. Личинки переважно перебувають у стані спокою, зависаючи в товщі води. Вони займають вертикальне, косе (головою вгору або вниз) або горизонтальне (черевцем вгору) положення і не здатні протистояти навіть слабким течіям. Етап триває до утворення ротового отвору, кишкової трубки, пігментації очей та прояву пошукового інстинкту. Другий етап характеризується змішаним харчуванням. Жовтковий мішок розсмоктується, рот набуває рухливості. Розвиваються щелепний і зябровий апарати, плавальний міхур наповнюється газами. На третьому етапі відбувається повний перехід личинок на зовнішнє харчування. Вони здатні цілеспрямовано рухатися, у них чітко виражені рухи рота, і вони можуть полювати на рухливі планктонні організми.

Головним гідростатичним органом більшості мальків і дорослих морських кісткових риб є наповнений газами відкритий (з'єднаний з кишківником) або закритий (не з'єднаний з ним) плавальний міхур. Мальки та дорослі риби, змінюючи кількість газів у плавальному міхурі, регулюють свою плавучість. Для запуску функціонування плавального міхура личинки, що розвиваються в пелагічній, донній або ікрі, що виношується, повинні впливати до плівки поверхневого натягу і заковтувати атмосферне повітря. У личинок закрито міхурових риб, які не встигли вчасно заповнити плавальний міхур повітрям, після появи перегородки він не функціонує. Такі личинки слабшають, осідають на дно та гинуть.

Підйому та утриманню у приповерхневому шарі води слугує субдермальна порожнина. У передличинок ряду видів чорноморських риб (кефалі, ставриди *Trachurus ponticus* (Aleev, 1956), барабулі) у спинній частині тіла, переважно перед і над головою, на зміну обводненому жовтковому мішку з жировою



краплею або без неї і перевітіліновій порожнині приходить субдермальна порожнина наповнена рідиною.

У відкрито міхурової хамси *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) ембріональний розвиток її пелагічної ікри триває 1,5–2,0 діб. Передличинки, що виклюнулися, мають довжину 2,3–2,5 мм. Жовтковий мішок овальної форми, великий, сегментований і сильно обводнений. При довжині 5,3–5,5 мм у шести-семи добових личинок жовтковий мішок повністю резорбується, рот прорізаний, очі пігментовані. Личинки плавають із відкритим ротом і намагаються заковтувати дрібні частинки суспензії. Заповнення плавального міхура повітрям відбувається при довжині личинок 8,0–8,5 мм.

Личинки бичків родів *Gobius*, *Pomatoschistus*, *Zosterisessor* при викльові з донної ікри мають довжину 2,5–3,5 мм. Їх розвиток у пелагіалі відбувається так само як і у личинок, що розвиваються в плавучій ікрі. Вони мають плавальний міхур і підйом до плівки поверхневого натягу для його первинного заповнення атмосферним повітрям також життєво необхідний.

Спостереження за поведінкою личинок бичків родів *Pomatoschistus* і *Knipowitschia*, що виклюнулися з донної ікри з тонкими оболонками показали, що в перші дві доби вони як і личинки, що розвиваються в пелагічній ікрі, намагаються схопити будь-які частинки, що виявляються на відстані 0,5–2,0 см, серед яких може бути і мікропластик.

Залежно від відношення до дна і до берега представників іхтіонейстону Чорного моря можна віднести або до неритичного комплексу (риби, нерест і ранній онтогенез яких пов'язаний з прибережною зоною до глибин 10 м), або до іхтіонейстону відкритого моря (риби, нерест і ранній онтогенез яких відбувається у віддаленні до 10 км від берега в зоні прибережних колообігних течій) [1].

Рух води. Розподіл риб на ранніх стадіях розвитку в приповерхневому шарі моря визначається як еколого-морфологічними пристосуваннями ікринок, передличинок, личинок та мальків, так і рухами води, що сприяють їх утриманню там. Ікра риб, сміття різного походження, пластик і мікропластик у морі зазвичай виявляються маркерами рухів води в надпикноклінному шарі. У ньому часто



одночасно можуть відбуватися різноманітні гідродинамічні процеси, що мають різні просторово-часові масштаби, та накладаються один на одного, і до яких у процесі еволюції риби пристосувалися.

Рух поверхневих вод обумовлюється насамперед вітрами та стоком великих річок. У Чорному морі поверхневі води утворюють кільцеву течію на відстані 10–20 км від берегів, що циркулює проти годинникової стрілки. Швидкості в ньому становлять до $40 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$. У прибережній смузі завширшки до 10 км формуються місцеві колообігові течії зі швидкостями $20\text{--}25 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$. У системі кільцевої течії виділяються Анатолійське – на ділянці від протоки Босфор до траверзу Колхідської низовини; Кавказьке – від траверзу Колхідської низовини до Керченської протоки; Кримське – від Керченської протоки до Тендрівської коси; Румелійське – від Тендрівської коси до протоки Босфор. Стокова течія вод Азовського моря, витікаючи з Керченської протоки, включається до Кримської та кільцевої течії Чорного моря. Найбільші за масштабом циркуляції водних мас прилучені до двох халістатичних областей, що сформувалися у східній та західній половинах моря. На траверзі Криму між циркуляціями вода рухається як на південь (східна циркуляція), так і на північ (західна циркуляція). Швидкість зазначених течій коливається від $10 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ до $30 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$. Різне сміття і пластик приносяться в халістатичні області від усіх берегів і накопичуються там. Там же відзначаються і мальки деяких прибережних донних риб – зіркогляда та барабулі звичайної, які не встигли осісти на дно в прибережній зоні. На напрямок і швидкість прибережних течій впливають конфігурація берегів та рельєф дна шельфу. У прибережних колообігних течіях скупчуються пелагічна ікра більшості риб, сміття, пластик.

Завдяки стоку рік солоність води в Чорному морі вдвічі менша, ніж у Мармуровому, а рівень води дещо вищий. В результаті поблизу Босфору формується Верхньобосфорська течія з Чорного моря до Мармурового. У Босфорі функціонує компенсаційна Нижньобосфорська течія з Мармурового моря до Чорного.

Пластик і мікропластик, що знаходиться в гіпонейсталі, разом з



поверхневою водною масою піддається впливу різних вітрових течій і з прибережних районів може потрапляти в центральні райони, концентруватися в зонах циркуляцій, а зі стоковою Верхньобосфорською течією виноситися в Мармурове море (рисунк 1). Мабуть, пластик, що з різних причин опинився на дні на глибинах понад 10 м, вже не повертається в приповерхневий шар води і в прибережну зону, або захоронюється в донними опадами, чи поступово разом з ними переміщається на ще більші глибини аж до сірководневої зони.

Для гіпонеїстали в тиху погоду характерне конвекційне перемішування. При цьому виникають вертикальні струми, що підіймають або опускають на деяку глибину ікру, планктонні організми та взважені частки. Мікроконвекція зазвичай поширюється на глибину 25–50 см [2,3]. Час існування зон термічної конвергенції течій вимірюється годинами або добою. Концентрації нейстонтів, що утворюються в них, розосереджуються як тільки перестають діяти сили, що забезпечують їх скупчення у вигляді смуг.

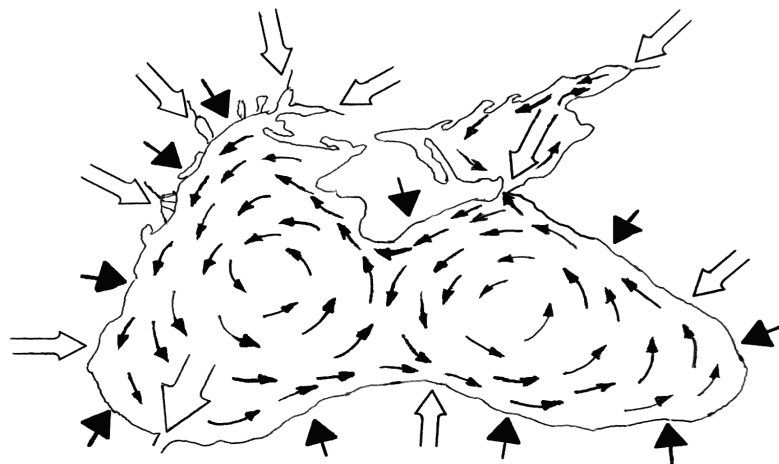


Рисунок 1 – Узагальнена схема надходження пластику та мікропластику до Чорного моря та їх міграції у поверхневому шарі води

- ← течії що переносять пластик та мікропластик
- ←← надходження пластику та мікропластику з Азовського моря та з річковим стоком
- ←← надходження пластику та мікропластику з берегів, суден та атмосфери
- ←← виведення пластику та мікропластику з екосистеми Чорного моря
- ←← Верхньобосфорською течією



У вітряну погоду на поверхні моря з'являються паралельні напрямку вітру смуги сходження з піни, бульбашок, різної суспензії, сміття, пластику, нейстонних організмів, личинок та мальків риб. Це пов'язано з рухами води, відомими як вихори або циркуляції Ленгмюра [2,3].

Розподіл пластику в Чорному морі. Здебільшого пластики є продуктами переробки нафти. Після використання частина пластиків утилізується та з нього виробляють нову продукцію. Різні методи вторинного використання пластиків зазвичай передбачають дроблення та подрібнення із застосуванням великих обсягів води. Це створює передумови для потрапляння мікропластику у водотоки і, зрештою, у море [15]. При вилуговуванні з ряду видів пластиків в морське середовище можуть потрапляти деякі токсичні для гідробіонтів речовини, як то фенол і формальдегід.

Безпосередньо у море пластик надходить через річкові системи, з морських берегів, з різних суден як у вигляді цілих виробів, так і їх фрагментів. Вперше в Чорному морі мікропластик був виявлений у пробах зоопланктону, відібраних під час двох рейсів уздовж південно-східного узбережжя Чорного моря у листопаді 2014 р. та лютому 2015 р. Основними формами були волокна (49,4%), за якими йшли пластикові плівки (30,6%) та фрагменти (20,0%) [7]. Дослідження зоопланктону та нейстону, проведені у 2020–2021 рр. в Одеському морському регіоні показали, що мікропластик представлений волокнами (75%) та фрагментами (25%).

У гирлах великих річок (Дунаю) або проточних лиманів (Дніпро-Бузького, Дністровського) пластик накопичується іноді роками, а при сильних паводках залпово виноситься в море. Нагромадження пластику спостерігаються на гідрофронтах річок, там, де стокові течії втрачають свою силу. В основному це досить великі предмети (пляшки різної величини та форми, каністри, упакування, пакети та ін.). У ПЗЧМ при сильних південних вітрах пластик розноситься вздовж берегів, накопичуючись у затоках, бухтах, відкритих лиманах, на протяжних піщаних берегах. При вітрах із півночі пластик дрейфує у відкрите море. Потрапляючи в колообігові течії, він може утворювати щільні



скупчення, нагріватися сонцем, піддаватися дії сонячної радіації, поступово стає ламким і легше руйнується. Деякі види пластику мають дуже високу позитивну плавучість. Зокрема, пінополістирол на 95% складається із газів і завжди накопичується на поверхні води. У ПЗЧМ білі гранули пінополістиролу виявляються повсюдно. Утворюючи на поверхні води багатошарові щільні скупчення, пластик може перешкоджати личинкам і малькам риб здійснити первинне заповнення плавального міхура атмосферним повітрям.

«Свіжий» пластик, що опинився в морі, руйнується дуже повільно. Його руйнування відбувається в основному механічним шляхом при терті чи ударах. У прибережній зоні пластик може багаторазово викидатися на берег хвилями і знову змиватися у воду. У ПЗЧМ пластик виявляється у відкритих водах, поблизу узбережжя, на пляжах масового купання та заповідних берегах, викинутим на берег або присипаним піском на дні, таким, що застряг серед каміння та в поселеннях макрофітів. На березі пластик піддається сонячному опроміненню, що знижує його міцність.

Вироби із пластику, що мають усередині закорковані порожнечі з повітрям, можуть роками переноситися хвилями та течіями. Пластикові вироби, внутрішні порожнечі яких частково заповнені водою, занурюються на деяку глибину і дрейфують там або осідають на дно, де накопичуються в різних заглибленнях, чи в місцях, де рухи води послаблюються. Маючи щільність, близьку до щільності морської води, предмети з пластику, що занурилися на дно, легко стають рухливими під дією навіть слабких течій.

При сильних штормах пластик, що плаває на поверхні, або переміщується придонними течіями, може з'явитися поблизу скелястих або кам'янистих берегів, де функціонує так званий «млин». Завдяки його дії відбувається подрібнення та перетирання виробів та їх великих фрагментів у дрібні частинки мікропластику, які частково залишаються на березі, а в основному розносяться рухами води на різні відстані. Мікропластик, маючи позитивну або близьку до нейтральної плавучість, концентрується в гіпонеїстали та епіпелагіалі. Пластик і мікропластик, що потрапили в ПЗЧМ в кільцеву течію, може переноситися нею



аж до Босфору і з Верхньобосфорською течією опинитися в Мармуровому морі.

В Одеському морському регіоні пластик в особливо великій кількості зустрічається в басейнах берегоукріплювальних гідроспоруд, відокремлених від моря хвилеломами, зануреними на глибину близько 0,5 м від поверхні води. Зазвичай великі предмети з пластику – це різноманітні пляшки, упакування, пакети, одноразовий посуд, уламки відер, каністр, ящиків від овочів і фруктів, пляжних меблів та ін. З внутрішньої сторони хвилеломів на 10 погонних метрах смуги шириною до 1 м виявляються до 15–20 предметів із пластику та їх фрагментів різної величини.

Будучи повністю або частково засипаними піском, предмети із пластику на деякий час набувають нерухомості і стають твердим субстратом для відкладання донної ікри рибами з родини Gobiidae. Їхні кладки на пластику в ПЗЧМ і в лиманах виявляються в діапазоні солоності від 7–8‰ до 22–26‰, рН 7,8–9,2 і температурі від 10 °С (бичок жабоголовий та бичок рудий) до 28–30 °С (бичок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814), бичок-зеленчак). Бички прикріплюють ікру як на шорсткий, так і гладкий пластик. Поверхня пластику, який довго перебував у воді, перед нерестом повністю очищається від обростання. Колір пластику не впливає на викидання ікри. Ікра однаково міцно утримується на різних типах пластику аж до викльовування личинок та мальків. З зовнішнього боку хвилеломів, що відокремлюють басейни берегоукріплювальних споруд, на глибинах 3,5–4,0 м під предметами із пластику на мулисто-піщаному ґрунті відкладають ікру бички з роду *Pomatoschistus*. Виявилось, що для цього використовуються фрагменти площею не менше ніж 25–30 см² і навіть частково засипані донними опадами прозорі стаканчики об'ємом 100 см³. Найбільший із чорноморських бичків – бичок жабоголовий відкладає ікру на великі поверхні. Його кладка була виявлена на пластиковому уламку пляжного тапчана на глибині 3 м.

У ПЗЧМ будь-які предмети з пластику, що мають форму пляшки з вхідним отвором 4–7 см і довжиною 12–15 см і більше можуть використовуватися як гнізда для відкладання ікри бичками з родів *Gobius*, *Neogobius*, *Ponticola* і



Proterorchinus. У морі та солоних лиманах на різних видах пластику різної величини та форми, крім бичка жабоголового та бичків з родів *Pomatoschistus* та *Proterorchinus*, виявлена також ікра бичків: бичка-кругляка, бичка-пісочника, бичка кам'яного *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840), бичка-сурмана *Ponticola syrman* (Nordmann, 1840), бичка Пінчука *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), бичка чорного *Gobius niger* Linnaeus, 1758 та бичка-зеленчака. Кладку ікри останнього було знайдено навіть на поліетиленовій плівці, присипаній піском з мулом та черепашкою.

В Азово-Чорноморському регіоні в 1990-х – 2000-х роках проводилася низка досліджень та експериментів зі штучними рифами із пластикових елементів у контексті розробки конструкцій для підвищення ефективності нересту бичкових риб на їх поверхнях. Подібні роботи з оцінки ефективності нересту бичкових риб на малогабаритних конструкціях з прозорих і коричневих пластикових пляшок здійснювались в солонуватоводних лагунах Чорного моря на піщаному пересипі Дністровського лиману. Для акваторії Азовського моря було розроблено та запатентовано штучні рифи для проживання водних організмів та вдосконалено нерестові модулі для бичкових риб.

У прибережній зоні ПЗЧМ та в лиманах на пухких ґрунтах на глибинах 1–5 м пластик став важливим нерестовим субстратом для бичків як понто-каспійського, так і середземноморського походження. Наявність твердого нерухомого пластику відповідного розміру виявляється позитивним явищем, що сприяє розмноженню бичків з родів *Gobius*, *Mesogobius*, *Neogobius*, *Ponticola*, *Pomatoschistus*, *Proterorchinus*, *Zosterisessor*.

Лабораторні експерименти тривалістю до двох тижнів з інкубації ікри бичкових риб у посудинах з плексигласу, поліетилену та скла не виявили статистично вірогідних відмінностей в особливостях розвитку, термінах викльовування та виживання у бичків як понто-каспійського, так і середземноморського походження. У видів, що мають стадію пелагічної личинки – кніповичії кавказької, лисуна малого та бичка-зеленчака – личинки після викльову з оболонок спливали до плівки поверхневого натягу для первинного



заповнення плавального міхура атмосферним повітрям із пластикових (плексиглас, поліетилен) посудин.

Канати великого діаметра, що використовуються на судах, виготовляються з капрону та інших синтетичних матеріалів. Плавучість таких канатів негативна. Опинившись на дні на пухких ґрунтах, вони стають нерестовим субстратом для риб із родини Gobiidae.

При переробці пляшок та інших виробів з полівінілхлориду і поліетилену здійснюється їх подрібнення, а частинки, що утворюються, мають позитивну плавучість. Частинки «свіжого» пластику розміром до 1 мм концентруються у воді під плівкою поверхневого натягу. Навіть при слабкому перемішуванні поверхневого шару води вони опускаються на деяку глибину і знову вспливають. З часом на них з'являється бактеріально-водоростева плівка [8] і вони поступово занурюються в товщу води, а їх плавучість стає нейтральною. Враховуючи поширення мікропластику в пелагіалі та його властивість невизначено довго перебувати у взваженому стані, він став важливим компонентом детриту. Завдяки гравітації частинки мікропластику можуть з гіпонеїстали та епіпелагіалі переходити в бенталь та донні опади. У цьому процесі можуть брати участь личинки і мальки риб зі складу іктеонейстону, що заковтують покриті бактеріально-водоростевою плівкою частинки мікропластику.

У Чорному морі наявність мікро- (<5 мм), мезо- (5–25 мм) та макропластику (>25 мм) виявлено у шлунково-кишковому тракті у семи промислових риб Чорного моря: хамси, ставриди, пеламіди атлантичної *Sarda sarda* (Bloch, 1793), саргана звичайного *Belone belone* (Linnaeus, 1761), луфаря *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766), мерланга *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758) та барабулі звичайної [9].

Негативні наслідки можуть полягати не тільки у втраті поживної цінності раціону риб, а й у нанесенні фізичних ушкоджень ротовій порожнині та травному тракту. Внаслідок того, що пластмаси містять хімічні добавки, вони можуть ефективно поглинати деякі забруднювачі навколишнього середовища, що є потенційним джерелом впливу таких сполук після приймання внутрішньо [6].



Висновки.

Доведено, що іхтіонейстонний комплекс у Чорному морі представлений: 1 – пелагічною ікрою, передличинками, личинками та мальками пелагічних риб; 2 – плавучою ікрою, личинками та мальками донних риб; 3 – мальками риб, які виношують ікру.

Підйом та утримання в приповерхневому шарі води ікри, передличинок та личинок риб відбувається завдяки еколого-морфологічним пристосуванням: 1 – обводненістю жовтка; 2 – краплям жиру у жовтковому мішку; 3 – субдермальній порожнині; 4 – плавальному міхуру.

Завдяки позитивній чи близькій до неї плавучості пластик і мікропластик як і іхтіонейстон концентруються у гіпонейсталі та зазнають дію тих самих рухів води (поверхнева термічна мікроконвекція, циркуляції Ленгмюра, поверхневі течії).

Нерухомі предмети з пластику та їх фрагменти на дні у прибережній зоні моря використовуються рибами з донною ікрою у якості твердого субстрату для нересту, укриття чи засідки.

Завдяки особливостям течій у Чорному морі, плавучості пластику і мікропластику, різноманіттю шляхів потрапляння в екосистему, неможливості керування їх поведінкою у морі, єдиним дійовим методом боротьби з цим видом забруднення є недопущення його потрапляння у морське середовище.

Література:

1. Виноградов А.К., Хуторной С.А. Ихтиофауна Одесского региона северо-западной части Черного моря (биологические, экологические, эколого-морфологические особенности). Одесса : Астропринт, 2013. 223 с.

2. Виноградов А.К., Богатова Ю.И., Синегуб И.А., Хуторной С.А. Экологические закономерности распределения морской прибрежной ихтиофауны (Черноморско-Азовский бассейн). Одесса : Астропринт, 2017. 416 с.

3. Виноградов А.К., Богатова Ю.И., Синегуб И.А., Хуторной С.А. Рыбы – индикаторы времени, пространства, условий обитания. Одесса : Астропринт,



2021. 428 с.

4. Зайцев Ю.П. Определение плавучести икры некоторых черноморских рыб. *Доклады АН СССР*. 1954. Т. 94, № 3. С. 577–579.

5. Зайцев Ю.П. Морская нейстонология. Киев : Наукова думка, 1970. 264 с.

6. Avio C.G., Gorbi S., Regoli F. Plastics and microplastics in the oceans : From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*. 2017. Vol. 128, P. 2–11. ISSN 0141-1136.

7. Aytan U., Valente A., Senturk Ya., Usta R., Basak F., Sahin E., Mazlum R.E., Agirbas E. First evaluation of neustonic microplastics in Black Sea waters. *Marine Environmental Research*. 2016. Vol. 119, P. 22–30. ISSN 0141-1136.

8. Aytan, Ü., Pogojeva, M., Simeonova, A. (Eds.,) 2020. Marine Litter in the Black Sea. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV) Publication No: 56, Istanbul, Turkey. ISBN: 978-975-8825-48-6

9. Aytan U., Esensoy F.B., Senturk Ya., Arifoğlu E., Karaoğlu, K., Ceylan Y., Valente A. Plastic Occurrence in Commercial Fish Species of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2022. 22(SI), TRJFAS20504.

10. Pojar Yu., Kochleus Ch., Dierkes G., Ehlers S.M., Reifferscheid G., Stock F. Quantitative and qualitative evaluation of plastic particles in surface waters of the Western Black Sea. *Environmental Pollution*. 2021. Vol. 268, part A, 115724, ISSN 0269-7491.

11. Savuca, A.; Nicoara, M.N.; Faggio, C. Comprehensive Review regarding the Profile of the Microplastic Pollution in the Coastal Area of the Black Sea. *Sustainability* 2022, 14, 14376. DOI: 10.3390/su142114376

12. Snigirova A.O., Mihas R.V., Khutornoi S.O., Vinogradov A.K., Gazyetov Ye.I, Gascooke J.R., Snigirov S.M., Leterme S.C. Microplastic and ichthyoplankton in the Ukrainian waters of the Black Sea. *Regional Studies in Marine Science* 80 (2024) 103884. doi:10.1016/j.rsma.2024.103884.

13. Strokal V., Kuiper E.J., Bak M.P., Vriend P., Wang M., van Wijnen J., Strokal M. Future microplastics in the Black Sea: River exports and reduction options for zero pollution (2022) *Marine Pollution Bulletin*, 178, art. no.113633



DOI:10.1016/j.marpolbul.2022.113633

14. Strokal, M., Vriend, P., Bak, M.P. *et al.* River export of macro- and microplastics to seas by sources worldwide. 2023, *Nat Commun* 14, 4842.

DOI:10.1038/s41467-023-40501-9

15. Yazir D., Terzib Y. & Erüz C. Transportation of microplastic during high-flow and low-flow seasons insoutheastern Black Sea: A modelling approach. *Indian Journal of Geo Marine Sciences* Vol. 51 (08), August 2022, pp. 663-670.

DOI:10.56042/ijms.v51i08.49207

Abstract. *In the process of fish evolution, various ecological and morphological adaptations have been developed, allowing eggs and pre-larvae to passively, and larvae and fry to actively rise and be contained in the hyponeustal of the seas. Good temperature and oxygen conditions are also formed for fish larvae in the hyponeustal period and food objects of the right size are provided. The concentration and distribution of fish in the early stages of development in the hyponeustal is determined not only by their ecological and morphological adaptations, but also by water movements. They form increased concentrations of seston, phyto- and zooplankton organisms, ichthyoneuston and various types of floating debris. Up to 8–10 million tons of "hard" and "soft" plastic can enter the World Ocean annually in various forms. The plastic found on the bottom accumulates near the shores in the spawning grounds of bottom fish and often acts as a solid substrate for spawning. In the zones of coastal surface circular currents and circulations in the open waters of the sea, plastic forms dense multi-layer clusters of large area. Mass species of fish with pelagic eggs usually spawn in these zones and their larvae and fry live there. Pelagic larvae and fry of many species of bottom spawning fish fall here. Microplastic particles covered with a bacterial-hydrogenous film have a certain fodder value for larvae and fry of fish in the hyponeustal, although the plastic itself is not digested by them. Larvae and fry from the composition of ichthyoneuston can participate in the biosedimentation of microplastics with their feces.*

Key words: *Black Sea, fish ontogeny, ichthyoneuston, hyponeustal, water movement, plastic, microplastic.*

Статтю надіслано: 23.11.2025 г.

© Виноградов О.К., Хуторной С.О., Синьогуб І.О.

**CONTENTS****Chemistry and pharmaceuticals**

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-057> 3

RESEARCH ON THE QUALITY OF ESSENTIAL OILS

Skrypyska O., Barus M., Onchulenko M.

Medicine and health care

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-018> 16

GLOBAL EXPERIENCE OF USING HORSES FOR THE REHABILITATION OF MILITARY PERSONNEL

Goncharenko I.V., Pohribna A.V.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-036> 25

ANTIBIOTIC RESISTANCE DURING WARTIME: NEW RISKS AND SPECIFIC PATTERNS OF DEVELOPMENT

Koval G.M., Karbovanets O.I.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-037> 35

RHINOLITH: AN INCIDENTAL RADIOGRAPHIC FINDING (CLINICAL CASE)

Storozhchuk Yu.O., Valchyshyn S.V., Burmakov M.O., Chochiya M.S.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-039> 43

DEVELOPMENT, TESTING AND IMPLEMENTATION OF AN INNOVATIVE DEVICE FOR DETECTION OF SHREDDERS IN A GUN WOUND

Cherniak V.A., Salenko O.F., Orel V.M., Karpenko K.K., Pryiemska V.O.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-058> 58

EPIDEMIOLOGICAL TRENDS AND CURRENT STATE OF THE PROBLEM OF MULTIDRUG-RESISTANT TUBERCULOSIS IN ZAKARPATTIA OBLAST

Koval G.M., Vysochanska V.V.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-059> 66

TREATMENT AND PROPHYLAXIS DIETETICS FOR OCCUPATIONAL DISEASES OF FIREFIGHTERS

Svidlo K.V., Tsymbal B.M., Karolop O.O.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-060> 81

MICROBIAL PROFILE OF THE WOUND SURFACE IN MINE-EXPLOSIVE INJURIES

Futujma Y.M., Malinovska L.I., Krasii N.I., Romanyuk L.B.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-065> 87

COMPARATIVE CLINICAL AND BIOMECHANICAL DATA OF OSTEOSYNTHESIS FOR DISLOCATED CLAVICLE BODY FRACTURES WITH COMPRESSION ROD

Hapon O.M.



- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-068> 98
INTEGRATION OF EVIDENCE-BASED MEDICINE INTO CLINICAL MICROBIOLOGY PRACTICE
Karbovanets O.I.
- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-070> 104
ASSESSMENT OF THE QUALITY OF LIFE OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER AND THEIR CAREGIVERS
Aryaev M.L., Bratkova L.B.
- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-082> 118
BARTONELLOSIS IN THE STRUCTURE OF VECTOR-BORNE CO-INFECTIONS: PATHOGENETIC AND DIAGNOSTIC ASPECTS
Olyinyk N. M., Kravets N. Ya.
- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-083> 124
BIOLOGICAL PROCESSES OF SKIN REGENERATION AFTER PERMANENT MAKEUP: HEALING PHASES
Oleksandra Saburkina
- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-084> 134
COSMETIC MICROBIOLOGY: CURRENT STATE, CHALLENGES AND PROSPECTS
Petrosova V. I.
- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-085> 145
BACTERIOCINS OF ENTEROTOXIGENIC STAPHYLOCOCCI: CURRENT VIEW OF THEIR ECOLOGICAL AND PATHOGENETIC SIGNIFICANCE IN PEDIATRICS
Koval G.M., Motylchak E. M., Petrosova V.I.
- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-093> 152
THE ROLE OF PEDAGOGICAL CONDITIONS IN THE TRAINING OF PHYSICAL THERAPISTS
Korchinski V. S., Ponomarenko M. V.
- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-095> 163
CHRONIC PAIN SYNDROME IN COMBAT VETERANS: BIOPSYCHOSOCIAL APPROACH TO PHYSICAL THERAPY AND INTERDISCIPLINARY REHABILITATION PROGRAMS
Stepanova H.M., Danko R.V., Kononenko A.R., Yevtushenko O.S., Reva L.M.
- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-103> 182
DIGITAL TRANSFORMATION OF THE HEALTHCARE SYSTEM: NEW APPROACHES TO TRAINING REHABILITATION PROFESSIONALS
Rysovana L., Radzishavska Ye., Hryhoruk V., Alekseenko R.
- <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-108> 191
CLINICAL SIGNIFICANCE OF IRON DEFICIENCY IN ACTIVE DONORS
Yu. Derpak



<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-132> 200

SCIENTIFIC RESEARCH ON TOPICAL ANESTHESIA IN PERMANENT
MAKEUP: RISK ASSESSMENT AND PRESENTATION OF A NEW METHOD

Yuliia Khvashchak

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-136> 213

BIOPHYSICAL FOUNDATIONS OF THE ACTION OF MODERN HARDWARE
MASSAGE TECHNOLOGIES

Chernychko Viktoriia

Biology and ecology

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-017> 225

TYPIFICATION OF WATER-LAND CONTACT ZONES WITHIN
THE DNIEPER-BUG ESTUARY REGION

Korzhov Ye. I.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-061> 237

DISTRIBUTION AND FUNCTIONAL ROLE OF AMPHIBIANS IN
ROZHNIATIV DISTRICT

Tymbaliuk V.V., Mykytyn T.V.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-075> 246

ROOCK (*CORVUS FRUGILEGUS* L.) IN THE CITY OF ODESA: PATHS OF
SYNANTHROPISATION AND ECOLOGICAL FEATURES OF EXISTENCE

Kivganov D.A., Stoylovsky V.P., Chobanu M.

<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-05-088> 260

DISTRIBUTION OF PLASTIC IN THE NEUSTAL AND BENTHAL OF THE
BLACK SEA AND ITS INFLUENCE ON THE ONTOGENESIS OF MARINE
BONE FISHES

Vinogradov O.K., Khutornoi S.O., Synyogub I.O.



Scientific publication

International periodic scientific journal

Scientific World Journal

Issue №34
Part 5
November 2025

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 73)

Articles published in the author's edition

*Academy of Economics named after D.A. Tsenov
Bulgaria jointly with SWorld*

Signed: November 30, 2025

e-mail: editor@sworldjournal.com

site: www.sworldjournal.com



www.sworldjournal.com





www.sworldjournal.com