



МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„ПРОФ. Д-Р ПАРАСКЕВ СТОЯНОВ” – ВАРНА
ФАКУЛТЕТ ПО ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕОПАЗВАНЕ
КАТЕДРА „ХИГИЕНА И ЕПИДЕМИОЛОГИЯ“

Д-р Явор Христов Ченков

**ЗАМЪРСЯВАНЕ НА ВАРНЕНСКИЯ РЕГИОН НА ЧЕРНО МОРЕ С ПЛАСТМАСОВИ
ОТПАДЪЦИ И ВЪЗМОЖНИ РИСКОВЕ ЗА ЗДРАВЕТО НА ЧОВЕКА**

АВТОРЕФЕРАТ

на

дисертационен труд

за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”

Научен ръководител:

Проф. д-р Теодора Димитрова, дм

Варна, 2023



МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„ПРОФ. Д-Р ПАРАСКЕВ СТОЯНОВ” – ВАРНА
ФАКУЛТЕТ ПО ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕОПАЗВАНЕ
КАТЕДРА „ХИГИЕНА И ЕПИДЕМИОЛОГИЯ“

Д-р Явор Христов Ченков

**ЗАМЪРСЯВАНЕ НА ВАРНЕНСКИЯ РЕГИОН НА ЧЕРНО МОРЕ С ПЛАСТМАСОВИ
ОТПАДЪЦИ И ВЪЗМОЖНИ РИСКОВЕ ЗА ЗДРАВЕТО НА ЧОВЕКА**

АВТОРЕФЕРАТ

на

дисертационен труд

за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”

Научен ръководител:

Проф. д-р Теодора Димитрова, дм

Варна, 2023

Дисертационният труд съдържа 168 страници и е онагледен с 21 фигури, 2 таблици и 2 схеми. В приложенията е поместен архив от снимков доказателствен материал, както и авторски въпросник от приложената анкета. Цитирани са 337 литературни източници.

Научно жури:

Външни членове

1. Проф. д-р Емил Влайков Воденичаро, д.м.
2. Проф. д-р Магдалена Стефанова Платиканова, д.м.
3. Доц. д-р Ангел Марио Джамбазов, д.м.н.

Резервен външен член

Проф. д-р Пенка Димитрова Гацева, д.м.

Вътрешни членове

1. Проф. д-р Цонко Паунов Паунов, д.м.
2. Доц. д-р Росица Христова Станчева – Чамова, д.м.

Резервен вътрешен член

Проф. д-р Дарина Найденова Христова, д.м.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 29.02.2024г.

от в аудитория

Въведение

Антропогенното замърсяване на околната среда вероятно се е случвало през цялата история на човечеството, но мащабът и тежестта му са се увеличили значително след индустриалната революция през 18. и 19. век. През този период се наблюдава бързо нарастване на използването на изкопаеми горива, съпроводено с разрастване и на отделните промишлени сектори (Mohajan, 2019). Всичко това, в крайна сметка довежда до увеличени емисии на замърсители във въздуха, водата и почвата (Fowler, 2020). Човешката цивилизация се разраства все повече и става все по-зависима от технологиите и съвременните удобства, като същевременно с това се наблюдават и недостатъчна информираност и осъзнатост на широката общественост относно различните аспекти на замърсяването на планетата. Нещо повече - с течение на времето се появяват нови източници на замърсяване, чиито дългосрочни ефекти върху природата тепърва предстои да бъдат оценени.

Пластмасите са материали, които се изработват при смесването на различни полимерни молекули с други добавъчни вещества. В зависимост от основният полимер и наличието на добавъчни вещества се получават пластмаси с най-различни качества (O'dian, 2004; Bhattacharjee, 2020). Най-често срещаните пластмаси в ежедневието ни са производни на **полиетилен (PE)**, **полипропилен (PP)**, **поливинилхлорид (PVC)**, **полистирен (PS)**, **поликарбонат (PC)** и много други. Въпреки несъмнените си ползи обаче, пластмасите представляват и значителни предизвикателства за живата природа. Неконтролираното изхвърляне на пластмасови отпадъци може да доведе до значително замърсяване на околната среда, което е и акцентът в настоящата научна разработка.

Наред със замърсяването на въздуха и глобалното затопляне, проблемът с пластмасовото замърсяване на водните басейни се превърна в едно от най-значимите екологични предизвикателства на съвременното, пораждащо опасения не само за благосъстоянието на екосистемите в природата, но и носещо потенциални рискове за здравето на човека. Понастоящем голямата част от проучванията на пластмасовото замърсяване на околната среда изследват различните отдели на водните системи от

земната хидросфера. Потвърдено е обаче, че по-голямата част от пластмасовото замърсяване във водните среди произхожда от наземни източници (Xu, 2020), което подчертава необходимостта от съсредоточаване на изследователските усилия по този въпрос и върху сухоземната среда. Настоящият научен труд ще насочи вниманието си върху различните аспекти на пластмасовото замърсяване по някои крайбрежни участъци във Варненски регион. Ще се извърши приблизителна моментна оценка на количествата и видовете пластмасови отпадъци с по-големи размери (т.нар. „макропластмаси“). Това представлява проблем от изключителна важност, с оглед на ограниченото количество данни за подобен род замърсявания по тези географски ширини и потенциалните негативни ефекти, които биха могли да възникнат за морските екосистеми и човека.

Макар емпиричните данни да показват наличие на пластмасово замърсяване в почти всеки отдел на планетата – хидросфера, литосфера, атмосфера и др., (Moore, 2023; Zhang, 2022; Bergmann, 2019; Zylstra, 2013; Ronda, 2021; Xu, 2020), понастоящем по-голямата част от проучванията по темата са съсредоточени върху изследване на водните басейни на хидросферата (Jambeck, 2015; Chiba, 2018; Lebreton, 2018; Eriksen, 2014). Резултатите от тези проучвания недвусмислено показват, че огромни количества пластмаса присъстват в голямо изобилие както в соленоводните, така и в сладководните басейни. Океанът се явява крайна дестинация за голяма част от пластмасата, попаднала по една или друга причина в околната среда. Пластмасови отпадъци се намират в целия океан, включително крайбрежните региони, морската повърхност, дълбоководните зони и полярния морски лед. Това не е случайно, с оглед на факта, че поради общият кръговрат на веществата в природата, почти всички замърсители от сушата, включително и пластмасите, рано или късно постъпват в сладководните басейни, а от там и в моретата и океаните (Rochman, 2020; Jambeck, 2015). По-нататъшната им съдба все още остава недостатъчно изяснена, но поради доказано бавната си естествена деградация се предполага, че биха останали да съществуват в продължение на десетки до стотици години в почти непроменен вид или в различна степен на фрагментация в зависимост от множество фактори (Andrady, 2003; Barnes, 2009).

Пластмасите се разграждат изключително трудно в естествена среда поради комплексния набор от физикохимични характеристики, които притежават. Такива характеристики са например тяхната хидрофобност, наличието на стабилни ковалентни връзки, различни функционални групи и добавъчни вещества (Liu, 2022).

Произхождащите от тях различни типове пластмаса, притежават различна степен и време на разграждане в околната среда. Времетраенето и степента на естествена деградация може да се повлиява и от допълнителни фактори (Tosin, 2012; Chamas, 2020). Основните параметри на околната средата, влияещи най-значимо върху процесите на разграждане на пластмасата, са светлината, температурата, влажността и наличието на микроорганизми. Всички тези фактори повлияват податливостта и последващото фрагментиране на различните пластмасови материали (Andrady, 2022). Фрагментите, генерирани след окисление и последващо излагане на механични натоварвания, включват вторични микро- или дори наночастици, които представляват нововъзникващ клас замърсители. Освен това, в природата е по-вероятно микропластмасите (размер < 5 мм) да привличат други вещества т.е. притежават **сорбционен капацитет**, поради голямата им специфична повърхност и физикохимични характеристики, което допълнително повлиява разграждането им (Lee, 2014). От друга страна, комплексното действие на различните метеорологични и екологични параметри на средата могат да повлияят на скоростта на естествената полимерна деградация.

Имайки предвид потенциално голямата продължителност на живот на пластмасите, методите, използвани в лабораторни условия за симулиране на естествена деградация и постигнатите краткосрочни експериментални резултати за прогнозиране на дългосрочни пътища на разграждане, са недостатъчно съотносими и приложими за точното и обективно определяне на продължителността на тяхната фрагментация в природата. Но те със сигурност се фрагментират до по-малки частици. До този момент е видно, че голяма част от изхвърлените пластмасови отпадъци вече са фрагментирани до такава степен, че е трудно да се определи с точност непосредственият произход на по-малките фрагменти и първичните артикули, от които произлизат. Чрез прилагане на спектроскопски, хроматографски и други техники и апаратури, може да се определи с приблизителна точност типа полимер, от който са изградени частиците-замърсители, тяхното количество, както и излъчените от тях добавъчни вещества или сорбираните от околната среда токсични агенти (Araujo, 2018).

Пластмасовите отпадъци могат да попаднат в околната среда вследствие на голям брой наземни и водни човешки дейности (Pruter, 1987; United States Senate, One Hundred Fourteenth Congress, 2016; Coe, 2012). По отношение на пластмасовото замърсяване в морската среда е общопризнато, че наземните източници представляват 60 до 80 % от

морските отпадъци (OSPAR Commission, 2007), докато останалите 20-40 % произхождат предимно от морски/океански източници. Установено е, че приблизително 1 милион пластмасови бутилки се купуват всяка минута някъде по света и до 5 трилиона найлонови торбички се използват всяка година (UNEP, 2018). Част от отпадъците навлизат в европейските морета, където се натрупват приблизително 626 милиона „плаващи артикула“ (или 3382 тона отпадъци) годишно (González-Fernández, 2021).

Основните източници на пластмаса във водните басейни включват:

1. **Корабна дейност** - риболовна, военна, изследователска и туристическо-круизна.
2. **Туризм** - морски и сухоземен.
3. **Битови дейности** - микропластмаси от различни продукти и материали от бита, мигриращи към морската среда чрез градските и селски канализационни системи.
4. **Производствени дейности** - Неправилно депониране, изгаряне и рециклиране на огромен брой пластмасови изделия и техни отпадни продукти, постъпващи в околната среда непосредствено след производството им.
5. **Селско стопанство** и други сектори на икономиката.

Понастоящем липсват задълбочени данни за конкретните източници на пластмасово замърсяване в българската акватория на Черно море. Някои първоначални оценки показват, че пластмасовите отпадъци произхождат предимно от дейности като туризъм, риболов и селско стопанство (Bobchev, 2018; Verov, 2020), като по-голямата част от морските отпадъци – около 70 %, произхождат от наземни източници (Veкова, 2023).

Поради специфичните характеристики на деградация и разпределение на пластмасовите отпадъци във водните среди, може да се предположи, че по-голямата част от големите пластмасови отломки са почти непокътнати от тяхното попадане в природата или са претърпяли ниска степен на фрагментация. Откъснатите от тях микропластмасови частици вероятно имат по-малък принос за замърсяването на природата с фракции на пластмасата < 5мм, сравнено с приноса на първичната микропластмаса, постъпваща в околната среда чрез канализационните системи, чието нетно количество е предполагаемо по-голямо (Wang, 2020). С други думи, по голямата част от

микропластмасата, постъпваща в моретата и океаните произхожда директно от битовите дейности на човека (като първична микропластмаса посредством козметични продукти и облекла), докато една по-малка част от нея навлиза в околната среда след фрагментация и отделяне от макро- и мезопластмасови отпадъци. Полиетиленът, полипропиленът и полистиролът съставляват почти 83% от общите микропластмасови частици.

Има основания да се предполага, че големият брой химични вещества, добавени към пластмасите още при процесите на тяхното производство (пластификатори, стабилизатори, оцветители и др.), веднъж попаднали в природата, могат да се отделят от полимерната матрица към обкръжаващата ги среда (Gunaalan, 2020; Bhunia, 2013; Yousif, 2013; Burgos-Aceves, 2021; Gunaalan, 2020). Съдбата им след това не е достатъчно добре изяснена, но има основания да се предполага, че една част от тях претърпяват пренос в околната среда, с потенциал за миграция към други матрици или живи организми.

В последните 2 десетилетия се заговори все повече за потенциалните рискове, които пластмасовото замърсяване крие по отношение на природните екосистеми (Browne, 2008; López-Martínez, 2021; Werner, 2016). Те могат да бъдат повлияни по механичен, токсичен или други начини от пластмасовото замърсяване. Тези процеси вероятно се случват на много нива от трофичната мрежа (Tuuri, 2023). Човекът, като неразривна част от тази мрежа също е изложен на различни рискове от здравно естество (Anbymani and Kakkar, 2018, Galloway, 2015; Banerjee, 2021; Blackburn, 2022).

Изследванията на пластмасовото замърсяване в България и свързаните с него екотоксикологични и епидемиологични аспекти, все още са на много ранен етап. Емпиричният актив от данни е все още недостатъчен за да се правят конкретни количествени и качествени оценки на различните параметри на пластмасовото замърсяване в отделните райони в страната. Тези обстоятелства, както и все по-нарастващата значимост на проблема с пластмасовото замърсяване като цяло, доведоха до необходимостта от извършване на настоящото проучване.

Литературен обзор

Същност на пластмасите и терминология

Терминът "пластмаса" произлиза от гръцката дума "πλαστικός" (plastikos), която означава "лесно формуем" или "способен да бъде моделиран", "моделируем".

Пластмасите са синтетични материали, получени по химичен път (най-често чрез процесите полимеризация и поликондензация) чрез свързването на хиляди до милиони повтарящи се молекули - т.нар. мономерни, което води до образуване на линейни, разклонени и мрежовидни вериги, наречени полимери. Свързването на мономерите се осъществява чрез ковалентни химични връзки, а встрани от основният гръбнак на полимерната верига могат да се добавят отделни други химични елементи и радикали, като по този начин се получават различни типове пластмаси (O'dian, 2004). Изходните вещества за производство на синтетични полимери включват различни суровини, като най-често използваните са преработени нефтени продукти (етилен, пропилен и др.), газ, въглеродни влакна, биомаси, т.е. на елементарно ниво пластмасите са предимно въглеродни структури. В процеса на производството на пластмаси, в допълнение към основният полимерен гръбнак, влизат и различни добавъчни вещества и продукти - катализатори, добавки (т.нар. **пластификатори**), пълнители, разтворители и др. (Andrady, 2019). Благодарение на тях пластмасите придобиват уникални, специфични свойства, отличаващи ги от природните материали - еластичност, топлинна и химическа устойчивост, дуктиленост, твърдост и др.

Полиетиленът и полипропиленът са основните представители на т.нар. **полиолефини** - най-широко застъпените в производството термопластични полимери (Wuruch, 2018). Те принадлежат към полукристалните термопласти. Характеризират се с лесна обработваемост, добра химическа устойчивост и електроизолационни свойства. Други полиолефини с индустриално значение са полиметилпентен (PMP), полиизобутилен (PIB) и полибутилен (PB). Тъй като са най-широко застъпените от производствена и

битова гледна точка пластмаси, те са и най-често срещаните типове замърсители в околната среда.

Специфичните свойства на различните пластмаси се дължат не само на пространствената конфигурация на полимерните им молекули, но и на наличието на различни добавъчни вещества към тях. Тези вещества се прибавят към полимерната структура, за да подобрят определени свойства на материала, като например устойчивостта на удар, устойчивостта на топлина, прозрачността, гъвкавостта, цвета и други характеристики (Hahladakis, 2018).

Пластмасовите частици, добавяни в продукти за лична хигиена (козметика, продукти за лице/коса/тяло, пасти за зъби и др.), се обозначават с термина „микрозърна/микроперли“-**microbeads** (Guerranti, 2019; Nawalage, 2022). Представяват много малки частици на полимерна основа, които се използват за постигане на определени текстури, ексфолиращ ефект (отстраняване на мъртвите клетки на кожата), добавяне на декоративни ефекти като брукат и блясък или просто като пълнители. Бихме могли да ги съотнесем към категория „**първична микропластмаса**“, тъй като постъпват в околната среда не чрез изветряне и отделяне от по-големи фрагменти, а директно в първичната си форма и вид.

Жизненият цикъл на пластмасите включва три фази: производство, употреба и изхвърляне. При производството въглеродните суровини - въглища, газ и нефт - се трансформират чрез енергоемки, каталитични процеси в огромен набор от продукти. Използването на пластмаса се среща във всеки аспект на съвременния живот и води до широко разпространено излагане на хората на химикалите, съдържащи се в пластмасата. Въпреки, че в наши дни стратегиите за управление на отпадъците са значително оптимизирани и в бита все повече навлизат материалите от биоразградими полимери, ако нетното количество на съществуващите в обръщение пластмаси продължи да се покачва, околната среда и в частност водните басейни, ще бъдат изправени пред екологична катастрофа с колосални размери (Eriksen, 2023).

Според класификацията, приета от Националната администрация за океаните и атмосферата (NOAA), пластмасите, открити във водните басейни, могат да бъдат класифицирани въз основа на техния размер (Lippiatt, 2013; Frias, 2019). Така се обособяват три основни класа размери: **микро-** (≤ 5 мм), **мезо-** (5 мм до 2,5 см) и **макропластмаси** ($> 2,5$ см). Макропластмасите могат да бъдат идентифицирани по вида

артикул или по типа пластмаса, използвайки Международната система за кодиране на смолите (ASTM D7611). Изобилието и глобалното разпространение на микропластмасови частици се е увеличило през последните няколко десетилетия, и изглежда, че средният размер на откритите пластмасови отпадъци в околната среда намалява (Barnes, 2009). Пластмасовите микрозърна, спадащи към категорията на микропластмасите, могат да се използват като съставки в продукти за лична хигиена и козметични продукти, което води до директно въвеждане на тези частици в потоците от отпадъчни води от домакинства, хотели, болници и спортни съоръжения (Boucher, 2017). В последните години учените започнаха да изследват фрагментирането на пластмасите до по-ниски мащаби от микропластмасовите. През 2014 г. за първи път се съобщава за фрагментиране на гранули от експандиран полистирен (EPS) до наноразмерни частици в лабораторни условия (Shim, 2014). Терминът „нанопластмаси“ понастоящем се обсъжда в научните среди, но все още има разногласия относно определянето на горната граница на размера на тези частици. Някои автори приемат за горна граница на размера им 1000 nm, докато според други за горна граница на размера трябва да се приеме 100 nm (Gigault, 2018; Piccardo, 2020). Лабораторните доказателства показват, че образуването на наномасштабни частици от по-големи пластмасови фрагменти е много вероятно да се случва и в околната среда (Song, 2017).

Един от основните физични фактори, които влияят върху разграждането на пластмасите в околната среда, е слънчевата светлина (Eales, 2022). Ултравioletовата радиация причинява **фотооксидативно разграждане** на полимерните молекули, водещо до разкъсване на техните вериги и формитане на свободни радикали. Този процес, иницииран от светлина в присъствието на кислород, се нарича още **окислително фоторазграждане** или **фотоокисление** (Yousif, 2013). По този начин намалява молекулярното тегло на полимерния материал, причинявайки влошаване на механичните му свойства (Bottino, 2003; Vasile, 2000). Като се има предвид хетерогенността на естественото ултравioletово лъчение, вариращо от липса на излагане (в седиментите) до пълно излагане на ултравioletови лъчи (при плаващи или плажни отпадъци, както и пренасяни във въздуха пластмаси), се твърди, че скоростите на разграждане/фрагментиране, предизвикано от ултравioletовите лъчи, също ще варират драматично между различните ниши от околната среда (Feldman, 2002; Yousif, 2013; Eales, 2022).

Температурата е другият основен физичен фактор, който доказано повлиява върху степента на деградация на полимерите. При еднакви други условия, с покачване на температурата, се повишава и степента на разграждане (Wuruch, 2018). Не само моментните стойности на температурата в околната среда имат значение, но и резките температурни колебания също допринасят за износването на материала и повлияват степента на деградация.

Пластмасово замърсяване в морета и океани

Международно съгласуваната дефиниция за “морски отпадъци”, основана на дефинициите, които от много години се използват в контекста на замърсяването на моретата и океаните, е създадена от Организацията на обединените нации (United Nations Environment Programme, Regional Seas Programme (2005): Marine Utter - An analytical overview). Съгласно това определение “**морски отпадък**” е всеки устойчив, произведен или преработен твърд материал, изхвърлен или изоставен в морската и крайбрежната среда“. Освен това: „Морските отпадъци се състоят от предмети, които са били направени или използвани от хора и умишлено изхвърлени в морето, реките или на плажовете; донесени косвено в морето с реки, канализация, дъждовни води или ветрове; случайно изгубени, включително материали, изгубени в морето при лошо време (риболовни съоръжения, товари); или умишлено оставени от хора по плажове и брегове.“

По този начин морските отпадъци включват всички елементи, които не са от естествен произход и не биха се появили естествено в морската и крайбрежната среда, но въпреки това се намират там (OSPAR Commission (2007)). Те се състоят от предмети, които са били направени или използвани от хора и в един момент, независимо къде са били изхвърлени или изгубени за първи път, са попаднали в крайбрежната или морска среда.

От проучванията, касаещи пластмасовото замърсяване в моретата и океаните, става ясно, че отпадъци се разпръскват широко не само по морската повърхност, но също така вече се знае, че те са пространствено концентрирани в специфични дълбоководни среди, особено в каньони, дълбоки океански ровове, седиментни дрейфови отлагания и под повърхностни водни зони (Peng, 2018; Harris, 2020). Други места, където е установена значителна акумулация на пластмасови отпадъци, са водния стълб под повърхността, бреговете, морските ледове и морските организми (Hardesty, 2017). Съществуват

прогнозни оценки, че 70% от морските отпадъци се озовават на морското дъно, 15% плават в морския стълб или на морската повърхност и 15% се намират по крайбрежието (OSPAR Commission 2007).

Пластмасово замърсяване в Черно море

Изследванията на пластмасовото замърсяване в акваторията на Черно море са все още в много ранен етап. Съществуват ограничен брой публикации по темата (Suaria, 2015; González-Fernández, 2022; Aytan, 2016; Oztekin, 2017; Çevik 2022), но изследователският интерес в тази насока започва да нараства през последните години. Резултатите от наличните публикувани доклади показват, че концентрацията на пластмаса в близост до устието на река Дунав е значително по-висока, отколкото в крайбрежните зони по румънското и българското крайбрежие. Това може да се обясни с вноса на пластмаса от река Дунав в западната част на Черно море (Pojar, 2021). Анализите показват средна концентрация от 7 пластмасови частици/m³, доминирани от влакна (~76%), следвани от фолиа (~ 13%) и фрагменти (~11%). Открити са много малко сфери и гранули. Резултатите от проверката на типовете полимери, осъществена чрез пиролиза и спектроскопски анализи показват, че доминиращите типове пластмаса са РР и РЕ, което е в съответствие с други проучвания, анализиращи повърхностните води на други морета и световните океани.

Едно от най-значимите проучвания на пластмасовото замърсяване в акваторията на Черно море, проведено и публикувано от изцяло български изследователски екип, е експедицията на борда на „Rainbow warrior“, осъществена между 8.08.2017 г. и 10.08.2017 г. в крайбрежни води между Бургаския залив и нос Калиакра (Berov, 2020). „Rainbow Warrior“ е ветроходен кораб на „Грийнпийс“, който беше на посещение в български води като част от кампанията им „Свободни от пластмаса“. При пробонабирането по време на самата експедиция са обхванати два критерия за състояние на околната среда - количество пластмасова настилка > 2,5 cm, плаваща върху морската повърхност, като число/km², и морска пластмасова настилка <5 mm, плаваща върху морската повърхност, като брой и тегло на км² (микропластмаси). Количествата и типа плаващи морски отпадъци > 2,5 cm са определени чрез метода на визуалните

трансекти¹ (Vlachogianni, 2016). Средният брой плаващи морски отпадъци, установени при тази експедиция, е $41,5 \pm 30,05$ елемента/ km^2 . Най-високите количества са наблюдавани западно от нос Калиакра - $93,8$ елемента/ km^2 , северно от нос Емине - $77,4$ елемента/ km^2 и Варненски залив - $60,9$ елемента/ km^2 . Като цяло, тези концентрации на антропогенни отпадъци в открито море са много сходни с концентрациите на плаващи отломки изчислени след експедиции в Тихия океан (Hinojosa, 2009), югоизточната част на Атлантическия океан (Ryan, 2014) и участък на западното Черноморие от румънската акватория (Suaria, 2015). Най-често срещаните антропогенни отпадъци включват торби (7–53%), пластмасови парчета (неидентифицирани отломки) 2,5–50 см (20–83%), опаковки (7–27%), полистиролни парчета 2,5–50 см (3–43%) и бутилки (3–9%). В повечето трансекти преобладаващите размери на отпадъците варират в диапазона между 10 и 30 см.

Към днешна дата, в Черно море все още не са наблюдавани мащабни зони на плътно пластмасово натрупване, подобни на местата на натрупване в океаните (например в Тихия океан северно от Хаваите), описани в началото на текущият раздел. Хаотичният характер на морските потоци и течения затруднява теоретичната прогноза на транспорта и евентуалното натрупване на антропогенни отпадъци, но като цяло наличните данни сочат, че специфичните характеристики на циркулацията в Черно море не са благоприятни за концентрация на плаващи плътни морски настилки (Stanev, 2019). Въпреки това са установени известни сезонни тенденции на пренос и потенциално преобладаване на морски отпадъци в определени зони от акваторията на Черно море (Miladinova, 2020), което не изключва сценарии на плътно натрупване при определени условия с течение на времето. С оглед на уникалните физико-химични особености на Черно море, различаващи го от всеки друг воден басейн на Земята, може да се предположи, че и механизмите на разпределение, деградация и влияние на пластмасовото замърсяване върху морските екосистеми се различават от тези в океаните и останалите морета от затворен и полузатворен тип, въпреки някои сходства в наблюдаваните резултати. Благодарение на увеличаващият се брой доклади от научни екипи от всички държави с излаз на Черно море, белите петна в тази област на познанието започват постепенно да се запълват (Suaria, 2015; González-Fernández, 2022; Aytan, 2016; Oztekin, 2017; Pojar, 2021; Berov, 2020; Miladinova, 2020; Bat, 2022).

¹ Трансект - права линия, която пресича естествен ландшафт, така че да могат да се правят стандартизирани наблюдения и измервания.

Пластмасово замърсяване в реки и езера

Замърсяването с пластмаса в сладководните басейни е сериозен проблем, който засяга водните екосистеми и дори благосъстоянието на животните и хората, които се ползват от тези водни ресурси. Тъй като реките в крайна сметка се вливат в моретата и океаните, те допринасят за голяма част от замърсяването с пластмаса в соленоводните басейни. Доказано е, че пластмасовите отпадъци могат да се задържат за известен период от време по бреговете на реките. Понякога в продължение на години, те се натрупват, разграждат и фрагментират, което може драстично да намали изчисленията в световен мащаб на пластмасовите емисии от реките в океана (Delorme, 2021).

Понастоящем научната литература относно пластмасовото замърсяване в реките и езерата е по-оскъдна от тази, описваща състоянието на моретата и океаните, но в последните години изследователският интерес на учените започва да се съсредоточава все повече и в тази посока (Eerkes-Medrano, 2015; Wang, 2021; Dusaucy, 2021). Съществува голяма хетерогенност при различните проучвания, не само по отношение на хидроложките различия между отделните сладководни басейни, но и по отношение на използваната методология и критерии за сравнение на резултатите (Al-Zawaidah, 2021). Част от проучванията обследват замърсяването на повърхностните води, други са съсредоточени върху анализ на крайбрежни и дънни седименти, а трети насочват вниманието ни към преноса и натрупването на пластмасови частици в различни организми и потенциалните рискове за обитателите на сладководните екосистеми. В този подраздел ще бъдат разгледани предимно оценките от анализите на пластмасовото замърсяване в повърхностни води от реки и езера.

Изчислено е, че малко повече от 1000 реки на планетата, допринасят за около 80% от глобалните годишни емисии от пластмасови отпадъци (Meijer, 2021). Оценките варират между 0,8 милиона и 2,7 милиона метрични тона годишно, като малките градски реки са сред най-замърсяващите. Други оценки, базирани на прогнозен калибриран глобален модел на влагана пластмаса от реките в океаните въз основа на управлението на отпадъците, гъстотата на населението и хидроложката информация изчислява, че между 1,15 и 2,41 милиона тона пластмасови отпадъци понастоящем навлизат в океана всяка година от реките, като над 74% от емисиите възникват между май и октомври (Lebreton, 2017). 20-те най-замърсяващи реки, разположени предимно в Азия, представляват 67% от общия глобален обем. Според трети оценки, използващи неправилното управление

на пластмасовите отпадъци като предиктор, се изчисляват глобални входящи пластмасови отпадъци от реките в морето в диапазона между 0,41 и 4×10^6 т/г (Schmidt, 2017).

Въз основа на източника на отпадъците в реките замърсяванията се класифицира на такива от точкови и неточкови източници (Khan, 2021). Точковите източници биват промишлени, битови канализационни инсталации и известни източници, които изхвърлят отпадъци директно във водните тела, докато неточковите източници се отнасят до онези източници, които косвено изхвърлят своя замърсител във водните тела. Такива са селскостопанските оттоци, изхвърляне на замърсители на въздуха чрез дъжд или процес на утаяване на примеси във въздуха и т.н.

Пластмасово замърсяване на крайбрежните зони

Знае се, че по-голямата част от пластмасовото замърсяване във водните среди произхожда от наземни източници (Хи, 2020). Животът на пластмасовите отпадъци в сухоземната среда, все още остава недостатъчно изяснен, но поради доказано бавната си естествена деградация се предполага, че те биха останали да съществуват там в продължение на десетки до стотици години, в почти непроменен вид или в различна степен на фрагментация, в зависимост от множество фактори (Fei, 2022; Darabi, 2021). Метеорологичните и геологични параметри на средата играят съществена роля за престоя и евентуалната миграция на пластмасовите отпадъци между различните матрици на сушата и водните басейни. В зависимост от различните комбинации и интензитет на действие на тези параметри, отпадъците могат да останат на сушата за дълги периоди от време или да преминават във водна среда. Преминавали във водните басейни, те могат да останат на повърхността им или да се утаят на дъното в зависимост от техните размери и плътност, а могат и да бъдат изхвърлени отново на сушата, след което описаният цикъл да се повтори неограничен брой пъти (García Rellán, 2022).

В наши дни крайбрежията на реките, моретата и океаните по целия свят са видимо осеяни с пластмасови отпадъци с различни мащаби и консистенция, вариращи в отделните доклади по темата (Oigman-Pszczol, 2007; Corcoran, 2009; McDermid, 2004; Díaz-Mendoza, 2020; Mesquita, 2022; Mitchell, 2021; Lee, 2013). Пластмасовите отпадъци биват изхвърлени директно на място, вследствие на туристически и други човешки дейности, или биват транспортирани до брега от реките, вятъра, създадени от човека дренажни системи или директно от моретата и океаните. Плажовете са едни от най-

проучените крайбрежни зони, по отношение на пластмасовото замърсяване. Видовете и количествата пластмасови отпадъци по плажовете зависят главно от топографията, метеорологичната активност, близостта до източници на отпадъци и степента и вида на експлоатация на плажа (Storrier, 2007). Отлагането и задържането на тези отпадъци по плажовете обаче, до голяма степен се контролират от състава и скоростите на разграждане на самите пластмасови отломки.

Понастоящем са публикувани проучвания за пластмасовото замърсяване на крайбрежните зони от почти всички континенти на планетата, като техният брой продължава да нараства (Critchell, 2019; Al Nabhani, 2022; Li, 2018; Ghaffari, 2019; Rabari, 2022). Тук ще бъдат изложени само някои обобщени резултати от проучвания на пластмасовото замърсяване по плажовете на различни точки на планетата. Ще бъдат представени количествените и някои качествени аспекти на отделните замърсявания, което ще послужи за основа на последващи сравнителни анализи с резултатите от нашите проучвания по темата.

Автори и година на публикация	Локация	Количествена оценка	Качествена оценка
Oyebamiji Abib Abayomi et al., 2017	Катар, Персийски залив, Индийски океан	36-228 елемента /м ²	LDPE, PP, PET
Sanaz Ghaffari, Alireza Riyahi Bakhtiari, 2019	Иран, Каспийско море	24,90 ± 1,74 частици/м ²	Пяна, пелети, фрагменти
Clara Álvarez- Hernández et al., 2019	Канарски о-ви, Атлантически океан	2–115,5 елемента /м ²	PE, PP, PS
Gabriel Enrique De-la- Torre et al., 2020	Перу, Тихи океан	174,25 елемента /м ²	HDPE, изотактичен полипропилен IPP, PS
Carlos Edo et al., 2019	Канарски о-ви, Атлантически океан	178-3504 елемента /м ²	PE, PP, PS
Kiani M. Pérez-Alvelo et al., 2021	Пуерто Рико, Атлантически океан	52–432 елемента /м ²	PE, PP, PVC
Lamtiur Junita Bancin, 2019	Тайван, Индийски океан	96.8 елемента /м ²	PE, PP, PS

Табл. 1 Концентрации и полимерен състав на пластмасови отломки, намерени по плажовете на различни точки по света. В таблицата са представени още авторите

на публикациите, годините на публикуването им и местоположенията на обследваните плажове.

Рискове за живите организми и човека

Въпреки че настоящият научен труд не включва биомониторингови изследвания, в този подраздел ще бъде разгледано влиянието, което пластмасовите материали могат да окажат върху живите организми, както и потенциалните рискове за тях и за човешкото здраве. Това се налага поради наличието на оскъдна научна литература по темата в Българските академични среди.

Пластмасовото замърсяване на водните екосистеми е загриженост за все по-голям контингент учени от различни области на познанието - екология, хидробиология, океанология, зоология, токсикология, дори медицина. Пластмасите крият различни рискове от механично, токсикологично и епидемиологично естество, не само за екосистемите в околната среда, но и потенциални рискове за здравето на хората.

Пластмасовите отпадъци във водните среди въздействат върху организми на различни нива на биологична организация и местообитания по редица начини, а именно чрез заплитане в или поглъщане на отпадъци, чрез химически трансфер, като вектор за транспортиране на биота и чрез промяна или модифициране на групи от видове, например чрез осигуряване на изкуствени местообитания (Werner, 2016,). Всяка година милиони животински видове, обитаващи океаните, биват изтощени, осакатени и дори убити от антропогенни морски отпадъци, най-вече с пластмасов произход (Butterworth, 2012). По този начин изглежда неизбежно, че заплитането и поглъщането от/на морски отпадъци ще промени биологичните и екологични характеристики на индивидите, компрометирайки способността им да улавят и смилат храна, да усещат глад, да бягат от хищници и да се възпроизвеждат. До 2016 г над 817 вида морски организми са били повлияни по един или друг начин от пластмасовото замърсяване (Butterworth, 2012). Като се има предвид повсеместното присъствие и нарастващото количество на пластмасови отпадъци в моретата и океаните, е много вероятно, понастоящем да има значително повече морски видове, засегнати пряко или косвено от антропогенни пластмасови морски отпадъци.

Пластификаторите са добавки към пластмасите, които имат за цел да повишат гъвкавостта и усукващата способност на материала. Те представляват хетерогенна група от химически съединения, които могат да бъдат разтворени в полимерни материи и да повлияят на тяхната податливост и еластичност (Wurusch, 2023). Вредните биологични ефекти, които някои пластификатори проявяват спрямо живите организми и човека, са дефинитивно доказани, въпреки че повечето проучвания използват *In vitro*-клетъчни и животински модели и не отчитат обективно реалната експозиция и възможните пътища на пренос към и от околната среда (Oehlmann, 2009). Най-добре проучените пластификатори са от групата на **фталатите** и производните на **бисфенол А**. Те имат доказани негативни ефекти върху голям брой живи организми в това число и човека (Burgos-Aceves, 2021; Oehlmann, 2009; Eales, 2022; Chang, 2021; Rochester, 2013; Michałowicz, 2014). Съществуват солидни доказателства за негативното въздействие на тези вещества върху ендокринната система, репродуктивните и други органи, поради което могат да се обединят в обща терминологична категория – т.нар. ендокринни дисруптори (**Endocrine Disruptors**).

Цел и задачи

Целта на настоящият дисертационен труд е да се допринесе за по-доброто разбиране на актуалният проблем със замърсяването с пластмаса, отчитайки оскъдните, на много места липсващи данни за количествата, видовете и динамиката на този тип замърсяване в българската акватория на Черно море и прилежащите крайбрежни зони. Освен това, добавяйки нашият опит и данни относно различните аспекти на пластмасовото замърсяване, научната разработка ще очертае опростена концептуална рамка за поетапно и сегментно изследване на този проблем във Варненска област, чрез оптимизиране и прилагане на различните аспекти на екологичният и биологичен мониторинг. По този начин ще се проправи път към осъществяване на комплексна оценка на риска и ефективно предпазване на морските екосистеми и човешката популация от евентуални екологични и здравни катастрофи.

Задачите, които се поставят за осъществяване на така формулираната цел са следните:

1. Да се проведе кратко анкетно проучване, приложено на извадка от населението на град Варна, свързано с информираността на гражданите, относно

замърсяването с пластмаса в региона. Основен момент в тази задача е извличането на информация от гражданите, относно най-замърсените според тях крайбрежни зони в региона.

2. На базата на дадените от жителите на град Варна мнения, да се обследват различни географски локации в и около града и от тях да се набележат “горещи” точки/зони на антропогенно замърсяване с пластмасови отломки.
3. Да се съберат, опишат и категоризират антропогенни отломки от набелязаните леснодостъпни “горещи” точки/зони, след което да се изчисли и оцени тяхното количество, вид и ориентировъчна степен на деградация.
4. Да се обследва описаното на опаковката съдържание на някои от наличните в търговската мрежа продукти за лична хигиена, и да се набележат най-често срещаните компоненти с потенциален микропластмасов характер.
5. Да се допълнят съществуващите препоръки и насоки за извършване на екологичен мониторинг по отношение на антропогенното пластмасово замърсяване във Варненска област, които да дадат добавена стойност както на настоящите стратегии за мониторинг на околната среда, така и за бъдещи проучвания и анализи на замърсяването с пластмаса.

Методи

Дизайнът на настоящият научен труд прилага няколко различни методологии, включващи освен документалният метод, използван за изграждане на литературният обзор, така също и социологически метод, полеви методи, микроскопски анализ, статистически и графични методи. Първият етап от приложеният набор от методологии включва анкетно проучване, приложено върху извадка от населението на град Варна. На базата на част от отговорите от анкетата е съставен план за обхождане на определени географски локации с цел набелязване на „горещи точки/зони“ с концентрация на замърсяване с пластмасови отпадъци.

Анкетен метод

С цел да се проучи осведомеността и мнението на гражданите на град Варна относно някои аспекти на пластмасовото замърсяване е приложен анкетният метод. Използвайки

Google формуляр е изготвен кратък полуструктуриран въпросник, включващ няколко затворени и един отворен въпрос. Той е разпратен по социалните мрежи за попълване от хора, живеещи в град Варна и прилежащите общини. Времето за набиране на извадката е 7 дни. Основен критерий за включване в проучването е респондентите да живеят и/или работят/учат в града и/или прилежащите общини. Отвореният въпрос имаше най-голяма стойност от изследователска гледна точка, тъй като целеше да установи къде според респондентите, са най-замърсените крайбрежни зони в и около град Варна. Техните отговори щяха да бъдат отправна точка за набелязване на „горещи зони/точки“ на пластмасово замърсяване. Пълният набор от въпроси в анкетната карта е представен в раздел „Приложения“, след снимковия материал. Прилагането на анкетен метод в настоящият научен труд не наложи одобрение от Комисия по етика на научните изследвания (КЕНИ), тъй като не са използвани инвазивни методи и интервенции, както и идентифициращи данни за респондентите.

Локации и взимане на проби

Изборът на локации и взимане на проби, както и цялата логистика по обхождането на зоните е съгласувана с някои вече утвърдени насоки за мониторинг на морските и крайбрежни зони (Kershaw, 2019), с известни допълнения и модификации, добавени за целите на настоящият научен труд.

Преди обхожданията за вземане на проби, са огледани различни локации в и около град Варна, които според различните респонденти от приложената анкета, представляват зони с по-голяма от обичайното концентрация на пластмасови отпадъци. Географската топография на тези участъци варира от пясъчни плажове (туристически, риболовни) до труднодостъпни скалисти/каменисти плажове и свлачищни зони. Целта на предварителният оглед е да се набележат места, които при следващо обхождане да бъдат по-подробно проучени по отношение на замърсяването им с пластмасови отпадъци, и съответно да се съберат всички възможни отломки.

На 20.07.2019г между 7.00 и 10.00 ч е обходено разстояние от 600м по протежение на плажната ивица на централен плаж, гр. Варна с начална и крайна точка с координати съответно 43°11'46.0"N 27°55'16.6"E и 43°12'04.2"N 27°55'25.2"E (Фиг.1). Локацията е избрана в съответствие с посочения в анкетата като най-замърсен с пластмасови отпадъци Варненски район. Датата е избрана в зависимост от наличието на

благоприятстващи метеорологични условия. Ранният час цели да обезпечи редуцирано присъствие на плажуващи с оглед на безпрепятственото взимане на проби. В екипа, който събира пробите, участват общо 5 студенти и доброволци от НПО. Всички те се включиха на доброволен принцип, мотивирани от колективните екологични убеждения, които всеки споделяше по отношение на пластмасовото замърсяване в моретата и океаните. Всички доброволци са членове на „Грийнпийс - България“, национален клон на международната екологична организация “Greenpeace”. В рамките на 15 минути преди започване на самото обхождане на плажната ивица, са дадени инструкции за спазване на унифицирани правила при взимането на пробите. Инструкциите включват:

1. Спазване на определена траектория при придвижването по плажа;
2. Събиране единствено на видимите на повърхността на пясъка потенциални пластмасови отпадъци, дори и част от тях да е заровена в дълбочина;
3. Избягване на зони в непосредствена близост до чадъри и плажуващи хора, за да не се нарушава техният комфорт.

Обхождането на плажната ивица се осъществява по следният метод: Тръгва се от приливната зона на бреговата линия и се върви в перпендикулярна посока до достигане на зоната от плажа, граничеща с началото на растителността или сграда. След това се прави една крачка встрани и се връща в обратната посока до достигане на приливната зона на бреговата линия. Моделът на обхождане представлява вектор със зигзагообразна траектория. По този начин се обезпечават всеобхватно покритие на максимално голяма площ от плажната ивица. Описаният метод на обхождане на плажа е обрисован на схема 1.

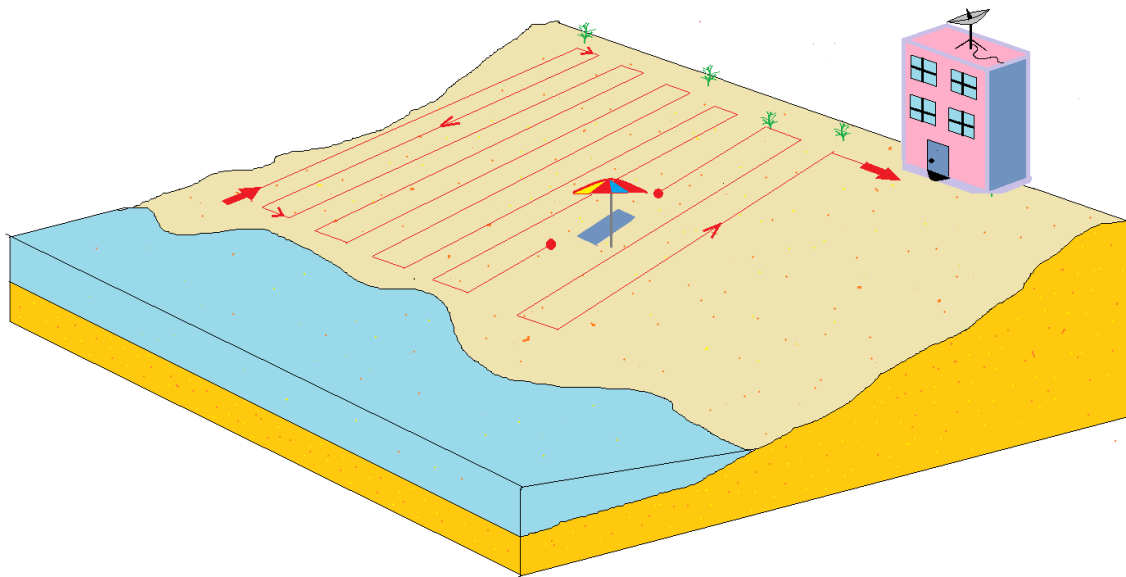
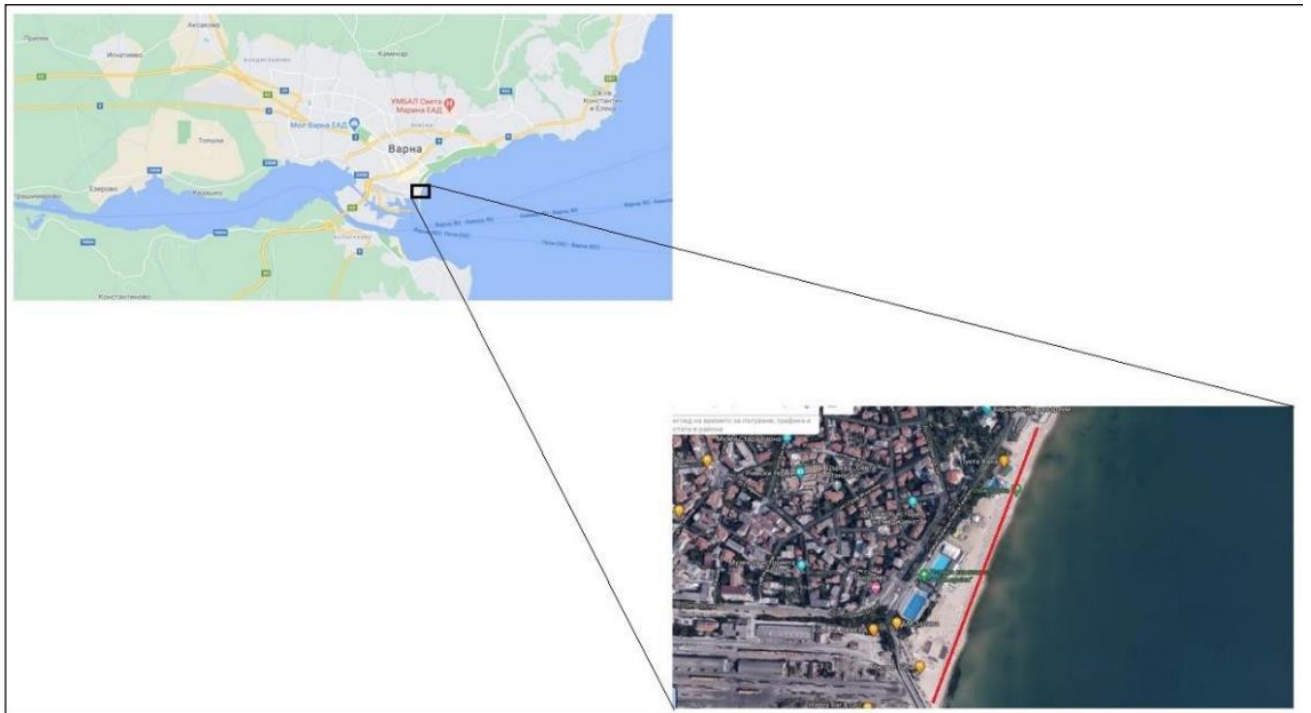


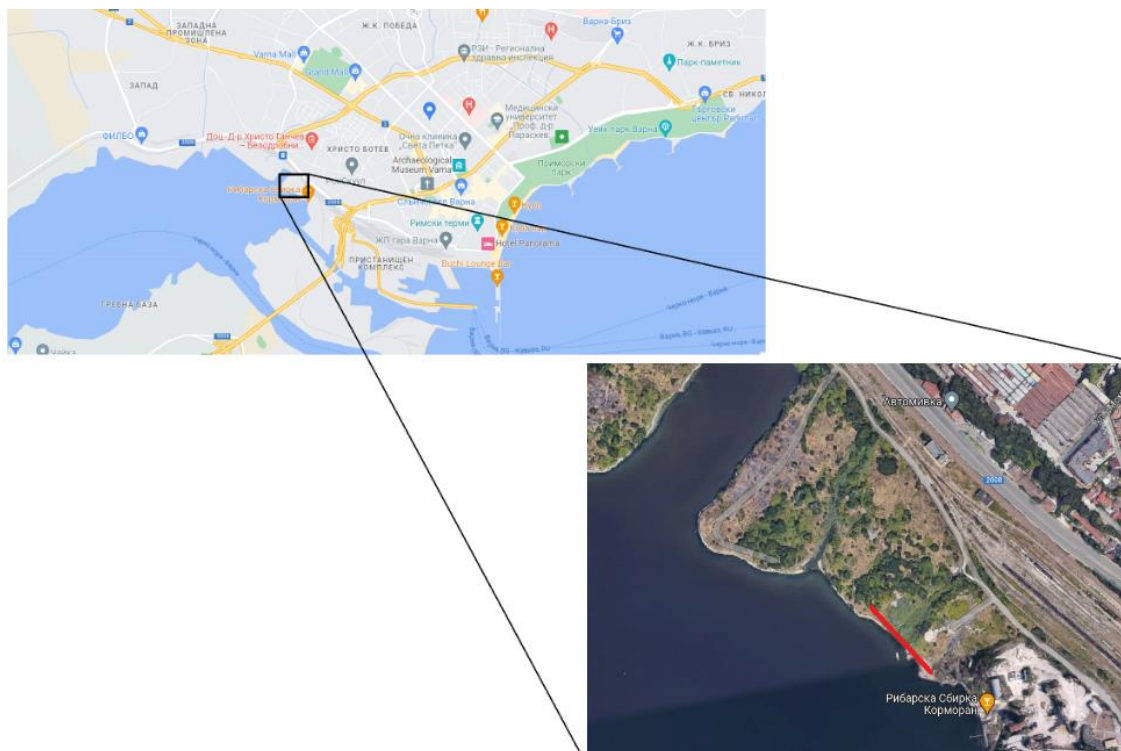
Схема 1. *Начин на обхождане на плажната ивица при взимането на проби. Целият метод е описан в текста по-горе.*

На 15.05.2020г между 13.00 и 16.00 ч е обходено същото разстояние по протежение на плажната ивица с начална и крайна точка, съответстващи на същите координати както и при обхождането от 20.07.2019 ($43^{\circ}11'46.0''N$ $27^{\circ}55'16.6''E$ и $43^{\circ}12'04.2''N$ $27^{\circ}55'25.2''E$). При това обхождане в пробонабирането участват 4 доброволци. Моделът на обхождане е същият както при първото пробонабиране, като отново се събират само повърхностни отломки и се избягват зоните в непосредствена близост до чадъри и плажуващи хора. Инструментът „линейка“(ruler) на софтуера Google Earth беше използван за измерване параметрите на зоните на изследване. И при двете пробонабирания като помощни материали и лични предпазни средства се използват латексови ръкавици и найлонови торби за смет.



Фиг. 1 Географска карта на гр. Варна и участъкът от плажната ивица, от който са събирани пробите. Червената линия отразява обходеното разстояние (600м) от плажната ивица.

Обхождането на северният бряг на Варненското езеро е проведено сутринта на 11.02.2021г., в съответствие с предварително проучване на подходящите метеорологични условия. Стартира се в точка с координати $43^{\circ}12'14.5''\text{N}$ $27^{\circ}53'23.5''\text{E}$ продължава по протежението на брега и спира в точка с координати $43^{\circ}12'16.0''\text{N}$ $27^{\circ}53'21.7''\text{E}$ което представлява дължина от $\sim 61\text{m}$. След този участък теренът представлява скалист бряг, което силно затруднява обхождането, а на места го прави и невъзможно без специализирана екипировка (Фиг.2). Това е и основната причина този район да се ограничи до едно единствено обхождане. По своя строеж брегът е съставен предимно от едър пясък и чакъл, който след бреговата линия, навлизайки във водата, постепенно преминава в дребно скалиста структура, примесена с камъни и пясък.



Фиг. 2 Участък от бреговата ивица на Варненско езеро, от който са събирани пробите. Червената линия отразява обходното разстояние (61м) от бреговият участък. Инструментът „линийка“ (ruler) на софтуера Google Earth беше използван за измерване параметрите на зоните на изследване.

В обхождането се включиха общо 5 души на доброволни начала. По протежението на обходените 61м от брега са събрани всички възможни потенциални пластмасови отломки. За пластмасов се смята всеки отпадък върху земната повърхност, за който се изключва органичен, метален или стъклен произход. Верификацията се извършва на визуален принцип на базата на консенсус между всички участници в пробонабирането. Събират се само отломките, които се виждат на повърхността и не са взимани проби от голяма дълбочина в пясъка, с изключение на онези фрагменти, които са заровени в различна степен, но все пак част от тях е видима на повърхността. По този начин в найлонови торби за смет бяха събрани всички възможни пластмасови отломки от крайбрежието на 61-метровият сектор на разстояние до 3 метра от бреговата линия. След третия метър започва растителността и концентрацията на отпадъци спада рязко. Приблизителната обходена площ се равнява на 146,25м².

Документиране на отломки и статистически анализ

След двете обхождания на първият участък от централният плаж на град Варна (координати: 43°11'46.0"N 27°55'16.6"E и 43°12'04.2"N 27°55'25.2"E), всички събрани потенциално пластмасови отломки се претеглят и документират снимково, след което се преброяват и категоризират. Отпадъците се подреждат на бял фон от главният изследовател до 3 дни след приключване на обхождането, поради необходимостта от изсъхване на някои от тях. След това се заснемат на естествена дневна светлина с професионален фотоапарат модел Sony A7 III с макро-обектив 35мм.

За обхождането на участъкът от северната част на Варненското езеро се използва подобна методология, но преди да бъдат категоризирани, всички проби са измити еднократно с чешмяна вода, за да се отстранят полепналите по тях пясък и морски организми. Тази стъпка не се наложи при взимането на пробите от централен плаж, тъй като там те бяха сухи и с липса на полепнали по тях органични и други материи. След изсъхването им са претеглени, подредени върху равна светла, разчертана повърхност и заснети с фотоапарат. Накрая, всяка отломка е съотнесена в определена категория, след което е извършено описание за установяване на най-често срещаните артикули. След анализа всички отпадъци са събрани в торби за смет и изхвърлени в контейнер за пластмасови отпадъци.

За да се направи количествена и качествена оценка на откритите и при трите обхождания потенциално пластмасови отпадъци, е извършен опростен дескриптивен статистически анализ, чрез подреждане в електронни таблици на различните категории и броят отпадъци за всяка категория, с помощта на програмата Microsoft Excel, част от пакета MS Office, версия от 2019 година. Оценени са общите количества отпадъци и тяхното тегло. Всеки отделен отпадък е съотнесен в определена категория и е изчислено процентното съотношение на всяка една категория отпадъци. По този начин резултатите са изведени в онагледен вид чрез прилагането на графични методи от типа кръгова диаграма. Освен това е изчислен и индексът за чистота на крайбрежието (Clean-Coast Index - CCI), който представлява обективен метод, разработен за оценка нивото на чистота на крайбрежните зони (Alkalay, 2007). Подробното описание на този метод е разгледано в раздел „Резултати“.

Микроскопски анализ

Поради огромното количество отломки, голяма част от които със сходни морфологични характеристики, за микроскопско изследване бяха подбрани само някои от отломките, намерени при първите две обхождания на централния плаж на град Варна. След това бяха изследвани с различна степен на увеличение с дигитален микроскоп от нисък клас, модел - Levenhuk DTX RC2. При самото микроскопско наблюдение, с помощта на метална пинсета, бе приложен натиск или преминаване по повърхността на фрагментите, за да се установи до каква степен ще се наруши целостта им. Този етап от проучването се ръководи изцяло от основния изследовател.

Откриване на потенциални микропластмаси в продукти от търговската мрежа

Като допълнение към изследователския труд, бе проведено пилотно проучване върху наличието на микропластмасови частици в търговски продукти за бита. Това проучване има за цел да даде по-пълна картина на пластмасовото замърсяване в района на град Варна, тъй като акцентът в научният труд е върху по-големите отпадъци в околната среда. Чрез обследване наличието на потенциални пластмасови деривати в продукти от търговската мрежа, можем да придобием представа и за възможният импорт на някои по-малки пластмасови частици, вливащи се чрез канализационната система в морската среда. Използвайки приложението за смартфони „*Beat the microbead app*“, в магазин от търговската мрежа бяха сканирани общо 65 продукта за лична хигиена, с цел определяне наличието на микропластмасови и други частици в тяхното съдържание. Това мобилно приложение позволява бързо и лесно да се сканира съдържанието върху опаковките на различни продукти, при което става ясно дали те съдържат микропластмасови частици и какви типове са те. Обследваните артикули включват продукти за коса (шампоани, балсами) и тяло (душ-гелове). В съдържанието на продуктите за орална хигиена (пасти за зъби), също е установено наличие на микропластмасови частици, но те не бяха сканирани тук, защото целта беше да се направи пилотно тестване на самото мобилно приложение в малък мащаб. За повече подробности относно приложението и неговото използване може да се посети следният интернет адрес: <https://www.beatthemicrobead.org/>.

Резултати

Разпратеният по социалните мрежи полуструктуриран въпросник беше попълнен от общо 262 жители на град Варна и прилежащите общини. Около 51 % от тях (N=133) са във възрастовата група от 19 до 30 години; приблизително 29 % (N=76) от респондентите са между 31 и 50 годишна възраст, а във възрастовите групи над 50 и под 19 години са съответно около 14 % (N=37) и 6 % (N=16) от тях. Почти 2/3 от всички респонденти са от женски пол - 70,2% (N=184). В следващите редове ще бъдат представени отговорите на някои от по-интересните и значими въпроси в анкетата. Резултатите от всички въпроси в анкетната карта, заедно с техните отговори, са представени в раздел „Приложения“.

На въпросът „*Кой вид отпадък, съдържащ пластмаса се открива най-често по плажната ивица на град Варна?*“ има 5 възможни отговора: найлонови торбички, сламки, чашки, бутилки и капачки. 3% от респондентите (N=9) отговарят, че според тях това са сламките; според близо 8 % от тях (N=20) това са капачките, а почти равен брой хора са посочили, че пластмасовият отпадък, който се открива най-често по плажната ивица на град Варна са торбичките, бутилките и чашките (съответно N=71, N=80 и N=82 т.е. по около 30 %).

Запитани колко често използват еднократни пластмасови продукти – торбички, бутилки, чаши, прибори и др., 32,1% (N=84) от респондентите отговарят, че използват такива артикули по един път на ден. Повече от един път на ден - 21% (N=55), докато 42,4% (N=111) от респондентите отговарят, че избягват използването на еднократни пластмасови продукти. 4,6% (N=12) от респондентите са отбелязали „Не мога да преценя“ като отговор.

На въпроса „*След употреба изхвърляте ли пластмасовите продукти разделно?*“, само 22,9% (N=60) от респондентите са дали положителен отговор, 17,6% (N=46) са отговорили с „Не“, 35,9% (N=94) са отговорили с „Имам желание, но няма контейнери за разделно изхвърляне на отпадъците в близост“, а 23,7% (N=62) отговарят, че го правят „От време на време“.

94,7% (N=248) от респондентите смятат, че замърсяването с пластмаса представлява проблем, докато 5,3% (N=14) не са сигурни в това. Нито един от запитаните не е отговорил, че замърсяването с пластмаса не представлява никакъв проблем – N=0.

На въпроса „Към кого бихте се обърнали за въпросите по опазване чистотата на плажната ивица?“ 59,5% (N=156) от респондентите отговарят „Регионална инспекция по околната среда и водите; 35,9% (N=94) биха се обърнали към „Общината“, 21,8% (N=57) – към „Концесионер“, 21,4% (N=56) – към „Неправителствена организация“, а 17,2% (N=45) – към „Регионална здравна инспекция“. 12,2% (N=32) от респондентите не могат да преценят към кого биха се обърнали.

В анкетната карта беше заложен и един отворен въпрос, който имаше най-голяма стойност от изследователска гледна точка. Той беше структуриран по следният начин: „Къде по плажната ивица на и около град Варна сте попадали на струпани пластмасови отпадъци или плуващи във водата такива?“ Голямата част от респондентите са дали повече от един отговор, като най-често даваните отговори са „Централен плаж“ (n=134), „Южен плаж“ (n=79), „бреговете на Варненското езеро“ (n=61), „Плажа в Аспарухово“ (n=35) и др. Именно някои от посочените локации бяха избрани за предварително обхождане и последващо пробонабиране.

При обхождането на плажната ивица на 20.07.2019г. бяха събрани близо 1000 отпадъка, от които само 856 бяха отнесени в категория „пластмаси“ и те останаха за анализ. Останалите бяха предимно метални (алуминиеви кутии тип кен) или хартиени и органични отломки (остатъци от храна и растителни тъкани), които след обхождането бяха изхвърлени разделно в контейнери за битови отпадъци.

Общото тегло на събраните пластмасови отпадъци възлиза на приблизително 1040 гр. Най-често разпространените отломки спадат към категорията „Други“ (n=363). На второ място по разпространение се нареждат опаковките (n=153), следвани от приспособленията за затягане (n=81), капачки (n=63), клечки (n=54), прибори (включително бъркалки) (n=51), торби (n=38), сламки (n=29). Най-рядко срещаните отпадъци се оказаха пластмасовите чашки (n=19) и бутилки (n=5 или 0,6%). На фиг. 3 са показани снимки на част от изброените отломки. Останалият снимков материал, представящ всички категории намерени отломки, е поместен в раздел „Приложения“. Процентното разпределение на така изброените категории е представено на Фиг. 4. Най-малкият размер сред фрагментите възлиза на < 4мм, а най-мощабни и обемни се оказаха найлонови торби и бутилки (>10 см). Цветовата гама на събраните отломки е разнообразна – парчетата са с бял, сив, кафяв, син, розов, червен, жълт и зелен цвят.



Фиг. 3 Снимки на част от изброените отломки. Останалият снимков материал, представящ всички категории намерени отломки, е поместен в раздел „Приложения“.



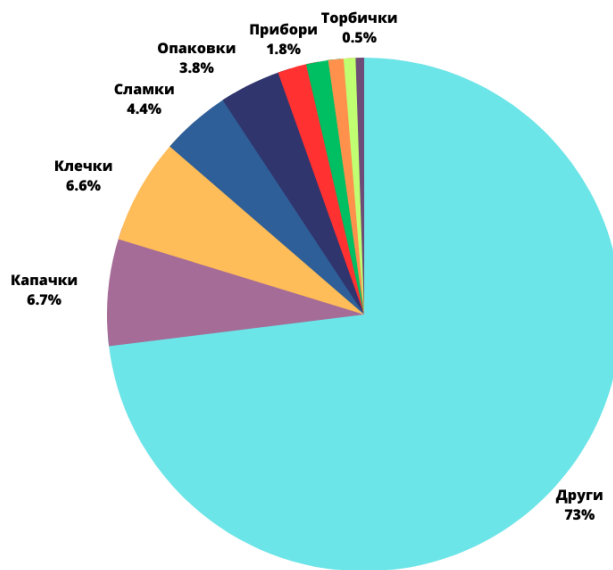
Фиг. 4 Процентно разпределение на категориите пластмасови отпадъци при първото обхождане на плажната ивица.

При второто обхождане на 15.05.2020г. бяха събрани 938 отломки, които съотнесохме в категория „пластмаси“. Всички останали отломки, принадлежащи към категориите „метали“, „хартия“ и „органични отпадъци“ бяха изхвърлени отделно в съответните контейнери. Общото тегло на събраните пластмасови отпадъци възлиза на ≈ 960 грама. И при второто обхождане най-често разпространените пластмасови отломки се оказаха от категорията „Други“ (n=685), следвани от капачките (n=63), пластмасови клечки (n=62), сламки (n=41), опаковки (n=36), прибори (n=17), чашки (n=13), приспособления за затягане (n=9). Най-рядко срещаните отпадъци са бутилките (n=7) и торбичките (n=5). На фиг. 5 са показани снимки на част от изброените отломки. Останалият снимков материал, представящ всички категории намерени отломки, е поместен в раздел „Приложения“. Процентното разпределение на така изброените категории е представено на Фиг. 6. За по-голяма прегледност на Фиг.7 представяме процентното разпределение на категориите, с премахната категория „Други“. Цветовата гама на събраните отломки тук също е разнообразна – парчетата са с бял, син, кафяв, сив, розов, червен, жълт, зелен и други цветове. При малко под 2 % (n=29) от общото количество проби, взети при двете обхождания на централен градски плаж, стана възможно идентифицирането на типа

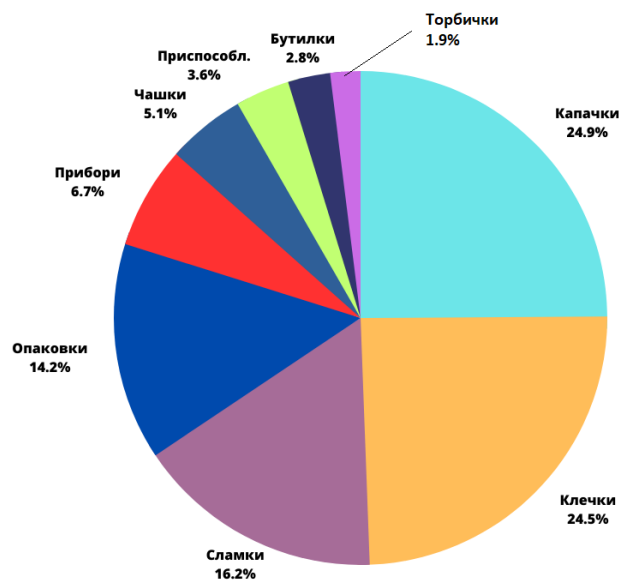
полимери, символно/буквено обозначени върху повърхността. Сред тях се установиха разновидности на PE (HDPE, PET), и PP.



Фиг. 5 Снимки на част от намерените при второто обхождане отпадъци. Още снимков материал на останалите намерени отломки може да се намери в раздел „Приложения“.



Фиг. 6 Процентно разпределение на категориите пластмасови отпадъци при второто обхождане на плажната ивица.



Фиг. 7 Диаграма, отразяваща процентното разпределение на категориите пластмасови отпадъци при второто обхождане на плажната ивица, при изключване на категория „Други“.

Освен това, е изчислен и индексът за чистота на крайбрежието (Clean-Coast Index - CCI), който представлява обективен метод, разработен за оценка нивото на чистота на крайбрежните зони (Alkalay, 2007). Изчислението се прави по следната формула:

$$\text{Clean Coast Index (CCI)} = \frac{\text{Количество пластмасови отпадъци}}{\text{Площ}} \times \mathbf{K}$$

където **K** е коефициент, равен на 20 (K=20). Количеството пластмасови отпадъци се изразяват в нетен брой, а площта на обходения участък от плажа се изразява в м².

Индексът за чистота на крайбрежието може да варира в 5 диапазона:

- 0–2: много чисто
- 2–5: чисто
- 5–10: умерено
- 10–20: мръсно
- 20 +: изключително мръсно

Изчисленият от нас индекс за чистота на крайбрежието по време на първото обхождане е приблизително равен на **0,38**, което спрямо описаните диапазони означава, че този участък от плажа е много чист. Средното количество отпадъци/м², изчислено за този участък от плажа е от порядъка на 0,019 отпадъка/м².

За второто обхождане на плажа получихме резултати от CCI=0,4. Средното количество отпадъци на квадратен метър от плажната ивица възлиза на 0,02 отломки/м².

От обходеният 61-метров крайбрежен участък от северният бряг на Варненското езеро са събрани общо 201 пластмасови отломки, разпределени в пет категории: бутилки; капачки; опаковки; торбички; други; На фиг. 8 са показани снимки на част от изброените отломки.



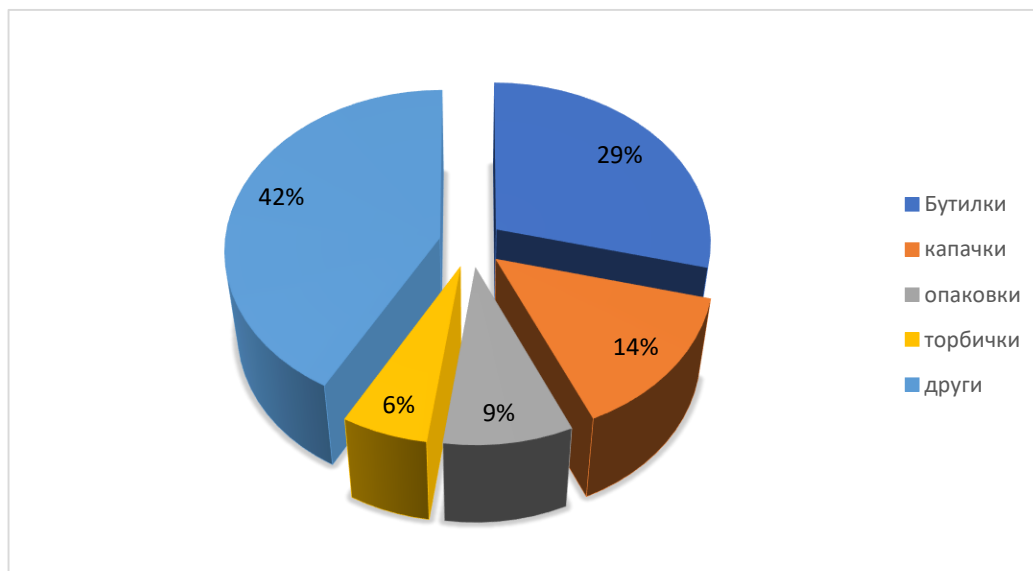
Фиг. 8 Част от намерените по северното крайбрежие на Варненско езеро отломки.

Имайки предвид почти изцяло праволинейната отсечка от 61 м и събирането на пробите до 3 метра навътре в сушата, така оформеният четириъгълен участък е с приблизителна площ от 146 м². По-голямата част от отломките се намираха до 1,5 м навътре в сушата и само малка част бяха след тази линия.

Изчисленият от нас индекс за чистота на крайбрежието в този участък от брега на Варненско езеро, е приблизително равен на **31**, което спрямо описаните диапазони,

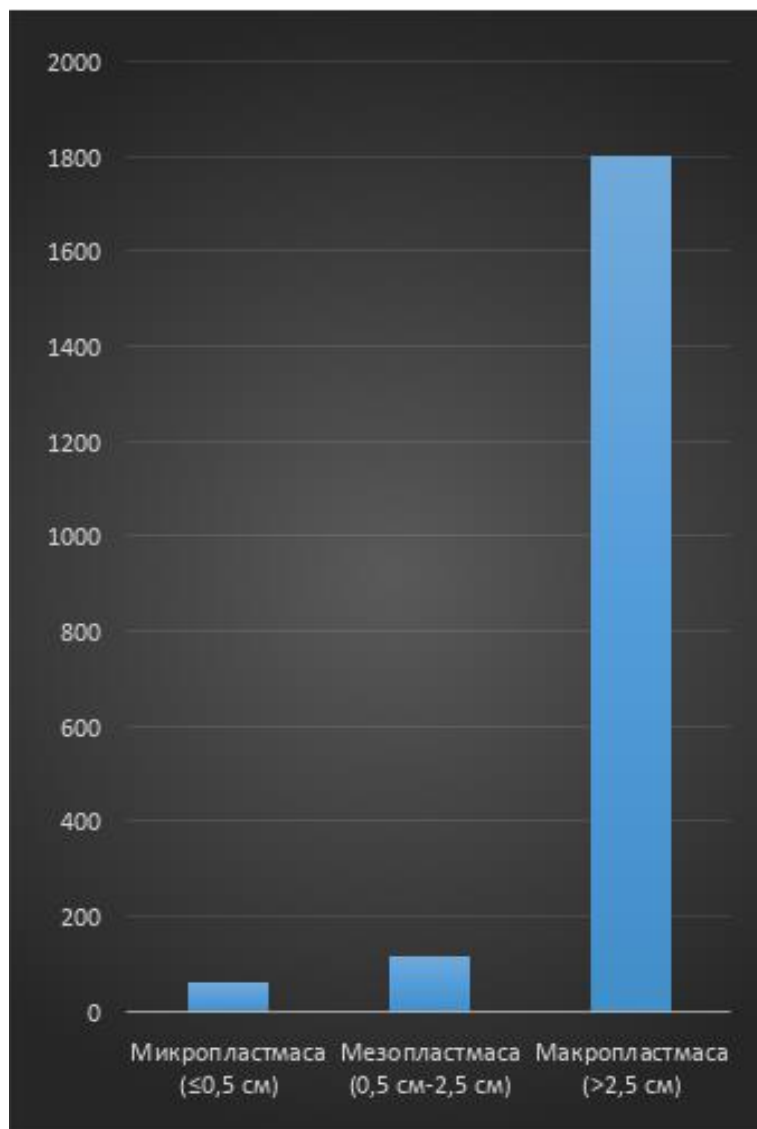
означава, че този участък е изключително замърсен. Средното количество отпадъци/м², изчислено за този участък от плажа е от порядъка на 1,55 отпадъка/м².

Общото тегло на всички отломки след измиване и изсушаване беше 7,4 кг. Най-голям дял отломки се пада на онези попадащи в категория “Други”- общо 84 отломки (42%). Това са предимно неидентифицирани отпадъци, не принадлежащи към никоя от останалите категории. На второ място по честота се срещат бутилки/тубички с общо 58 броя (29%), като 11 от тях са затворени с капачка, а 6 от тези 11 бутилки са пълни с течност. На трето място по честота се срещат капачките, вариращи в 5 различни цвята: жълти, червени, бели, зелени, сини. Те са общо 29 на брой (14%). Опаковките са на 4-то място по честота с общо 18 броя (9%), а торбичките се срещат най-рядко: общо 12 броя (6%). Част от опаковките и по-голямата част от торбичките са фрагментирани в различна степен, но това не затрудни визуалната им идентификация и съответно те бяха отнесени към правилната категория. По време на обхождането бяха събрани още 34 пластмасови отломки, плуващи свободно в езерото, намиращи се на не повече от половин метър навътре във водата, но те не бяха включени в категоризацията. На фиг. 9 графически е представено процентното разпределение на откритите категории отпадъци.



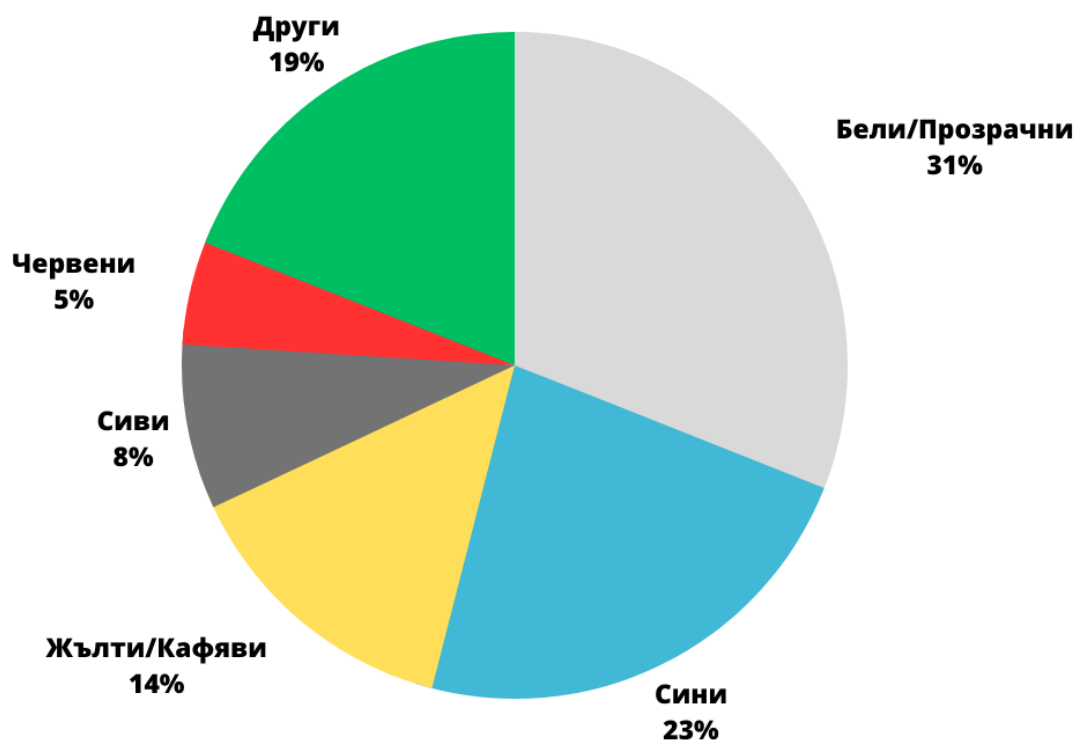
Фиг. 9 Разпределение на категориите отломки открити и събрани при обхождане на северното крайбрежие на Варненското езеро.

По-голямата част от всички открити пластмасови отпадъци попадат в категорията макропластмаса (близо 90%). Това са артикули и отломки с размери над 2,5 см по най-дългата им ос, като няколко от най-големите намерени тук надхвърлят 40-50 см. Към категория мезопластмаси (0,5-2,5 см) принадлежат близо 8 % от всички отломки, а към категория микропластмаси ($\leq 0,5$ см) – малко над 3% от тях (большинството с вероятен полистиренов произход). На фиг. 10 е представено разпределението на размера на откритите отпадъци (микро-, мезо- и макропластмаса). Числовите стойности отразяват брой открити отломки, обобщено за 3-те експедиции.

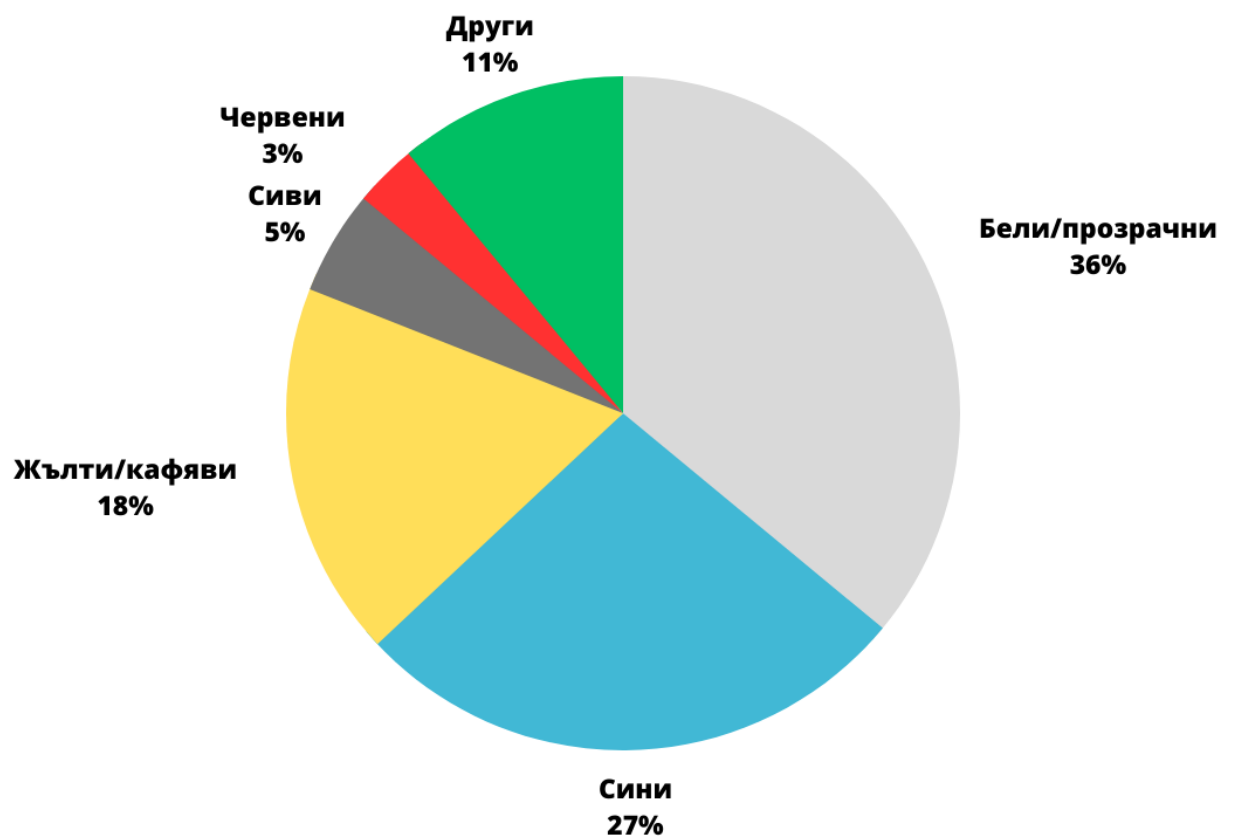


Фиг. 10 Разпределение на размера на откритите отпадъци: микро-, мезо- и макропластмаса (обобщено за трите експедиции).

Приблизителното процентно разпределение в цветовете гами на откритите на централен градски плаж отпадъци (общо от двете обхождания) са както следва: бели и прозрачни/полупрозрачни ~ 31 (n=554); сини ~ 23 % (n=412); жълти/кафяви ~ 14 % (n=251); сиви ~ 8 % (n=143); червени ~ 5 % (n=89). Всички останали цветове, в това число черни, зелени, розови, лилави и оранжеви съставляват общо около 19 % от пробите (n=345). Процентното разпределение на цветовете намерени отломки е репрезентирано на Фиг. 11. Процентното разпределение на цветовете намерени отломки по северното крайбрежие на Варненско езеро е почти същото: бели и прозрачни/полупрозрачни ~ 36%, сини ~ 27%, жълти/кафяви ~ 18%, сиви ~ 5%, червени ~ 3%, други (черни, зелени, розови, лилави, оранжеви) ~ 11% (фиг. 12).

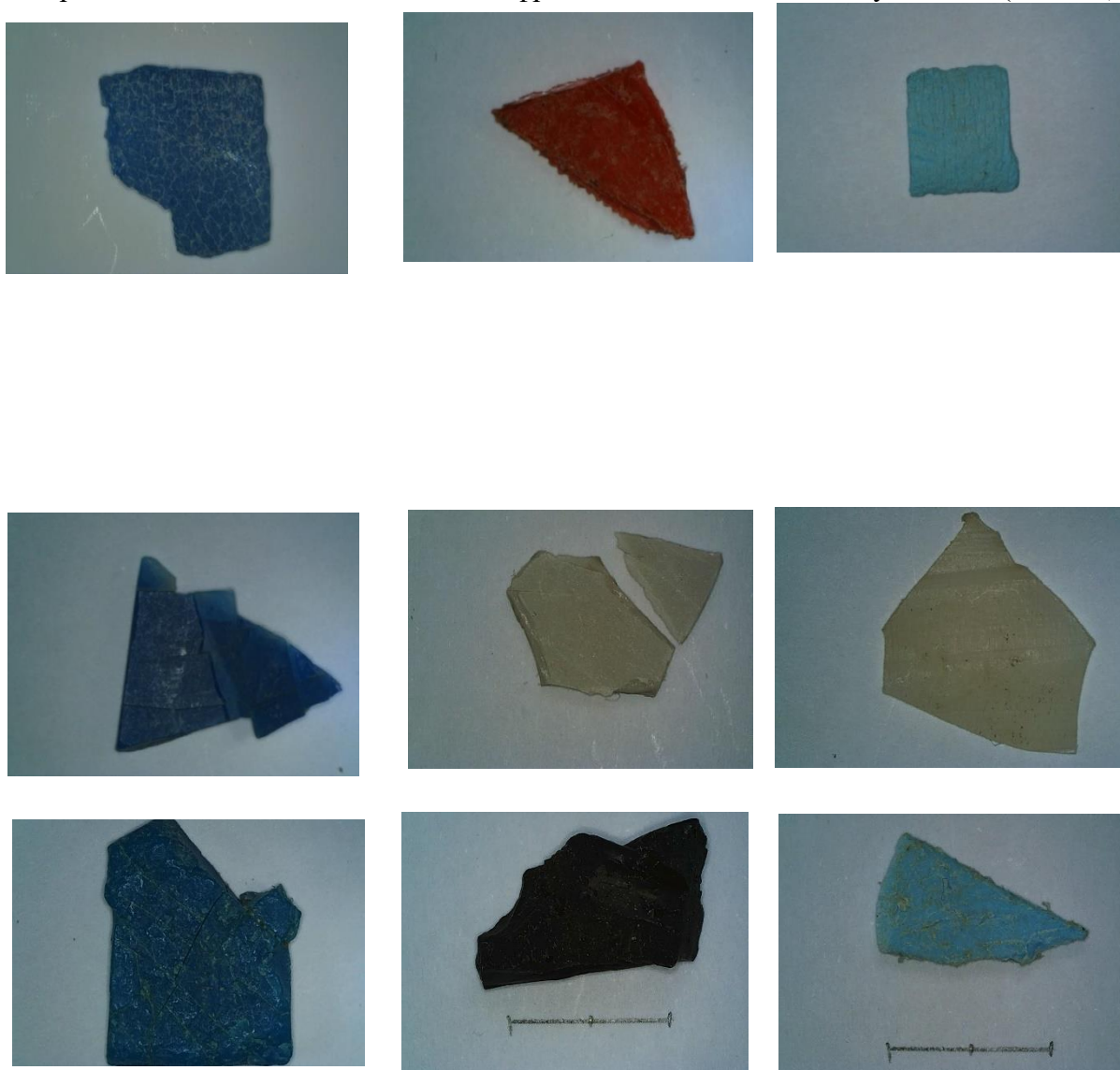


Фиг. 11 Процентно разпределение на цветовете отломки, открити на централен градски плаж и при двете обхождания.



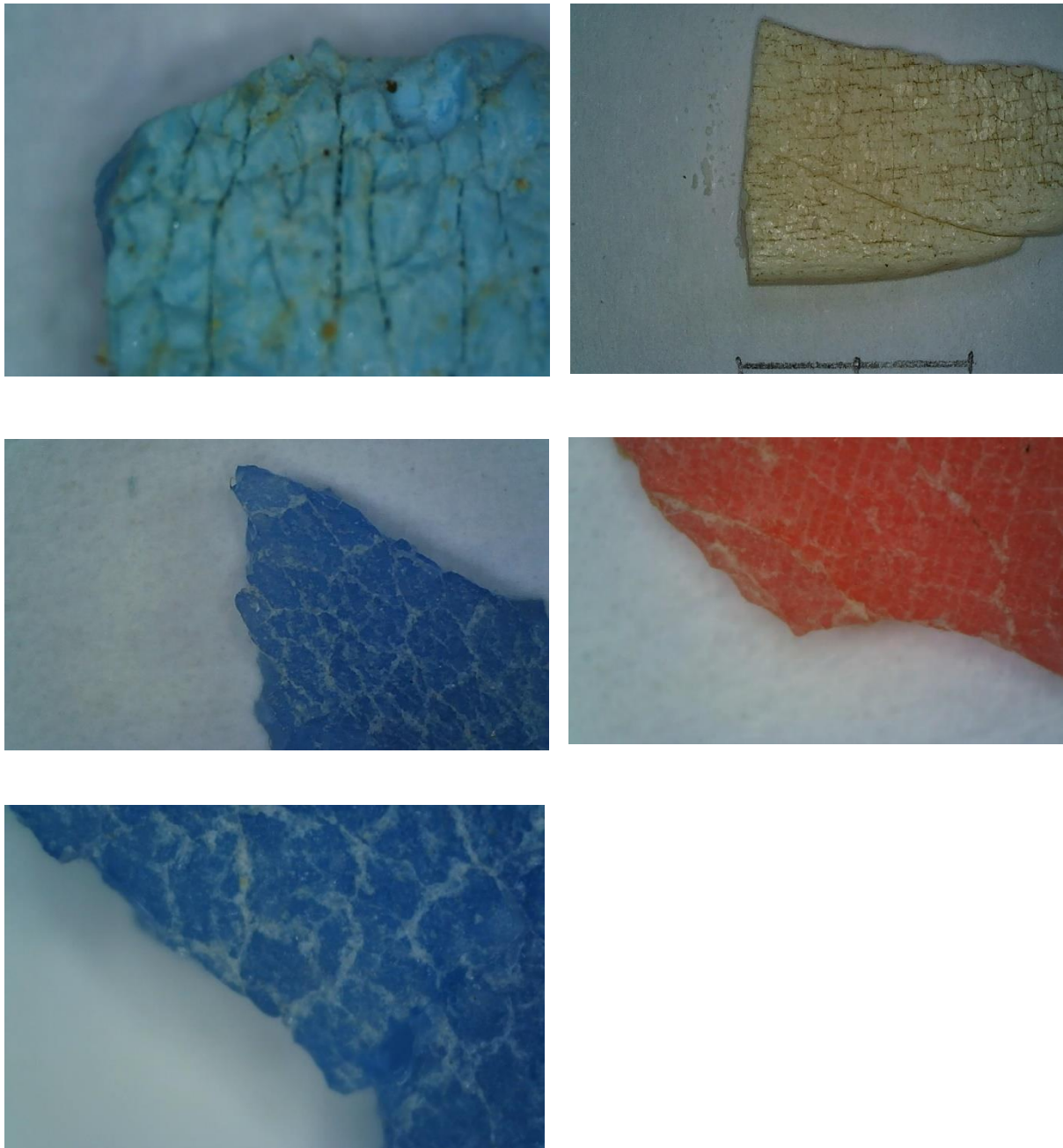
Фиг. 12 Процентно разпределение на цветовете отломки, намерени по северното крайбрежие на Варненско езеро.

За микроскопски анализ бяха отделени 15 видимо износени отломки, принадлежащи на категория “Други“. За износени се считат онези от отломките, по които се забелязват видими лезии от различно естество – одрасквания, напукване, микроцепнатини, излющване, както и загуба или промяна на цветово разпределение по видимата им повърхност. По същество това са малки фрагменти с големина между 1 и 2 см (Фиг. 13).

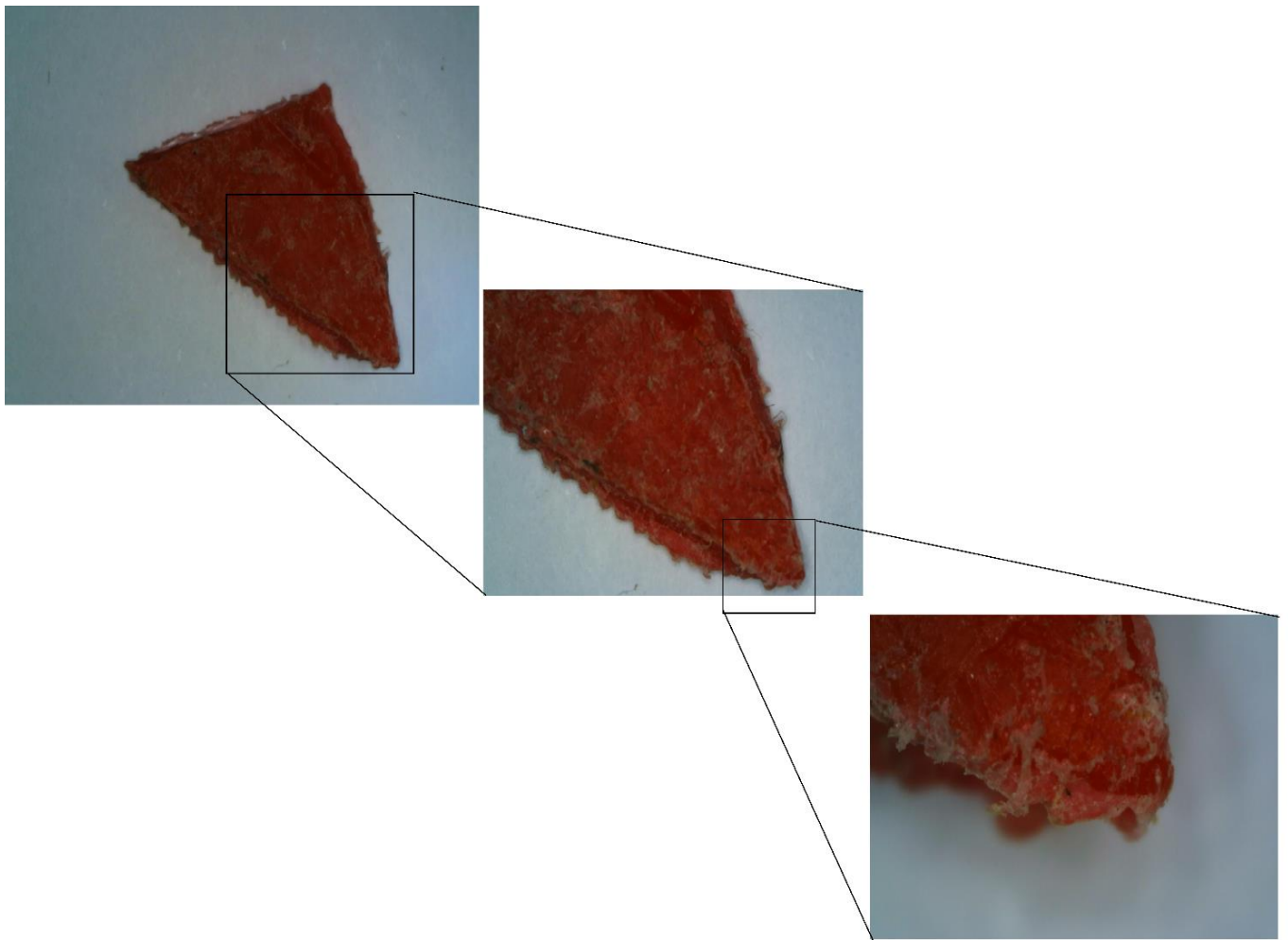


Фиг. 13 Някои от фрагментите, отделени за микроскопски анализ. Всички те са намерени на централен плаж на град Варна при двете обхождания на плажната ивица.

Всички 15 отломки са неидентифицирани фрагменти, с оглед на факта, че не биха могли да се съотнесат към нито една от останалите описани категории отпадъци. При голямо микроскопско приближение става видно, че повърхността на обследваните фрагменти е силно нацепена, с наличие на микропукнатини (Фиг.14). При други фрагменти се наблюдава само излющване на повърхността (Фиг.15). Образуваните люспи не се отделят лесно при опит за премахване с помощта на метална пинсета.

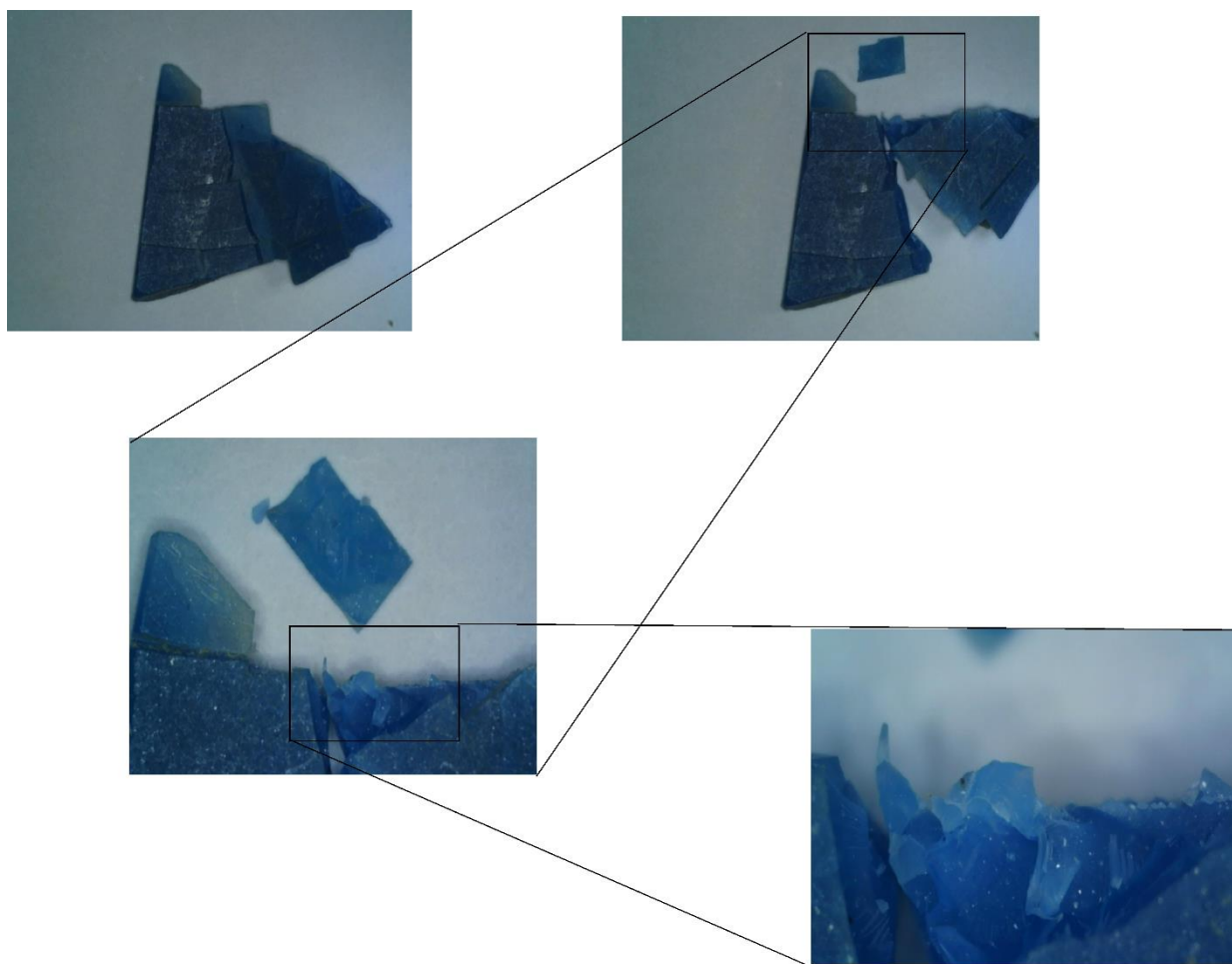


Фиг. 14 Наличие на микропукнатини по повърхността на някои от обследваните с микроскоп фрагменти.

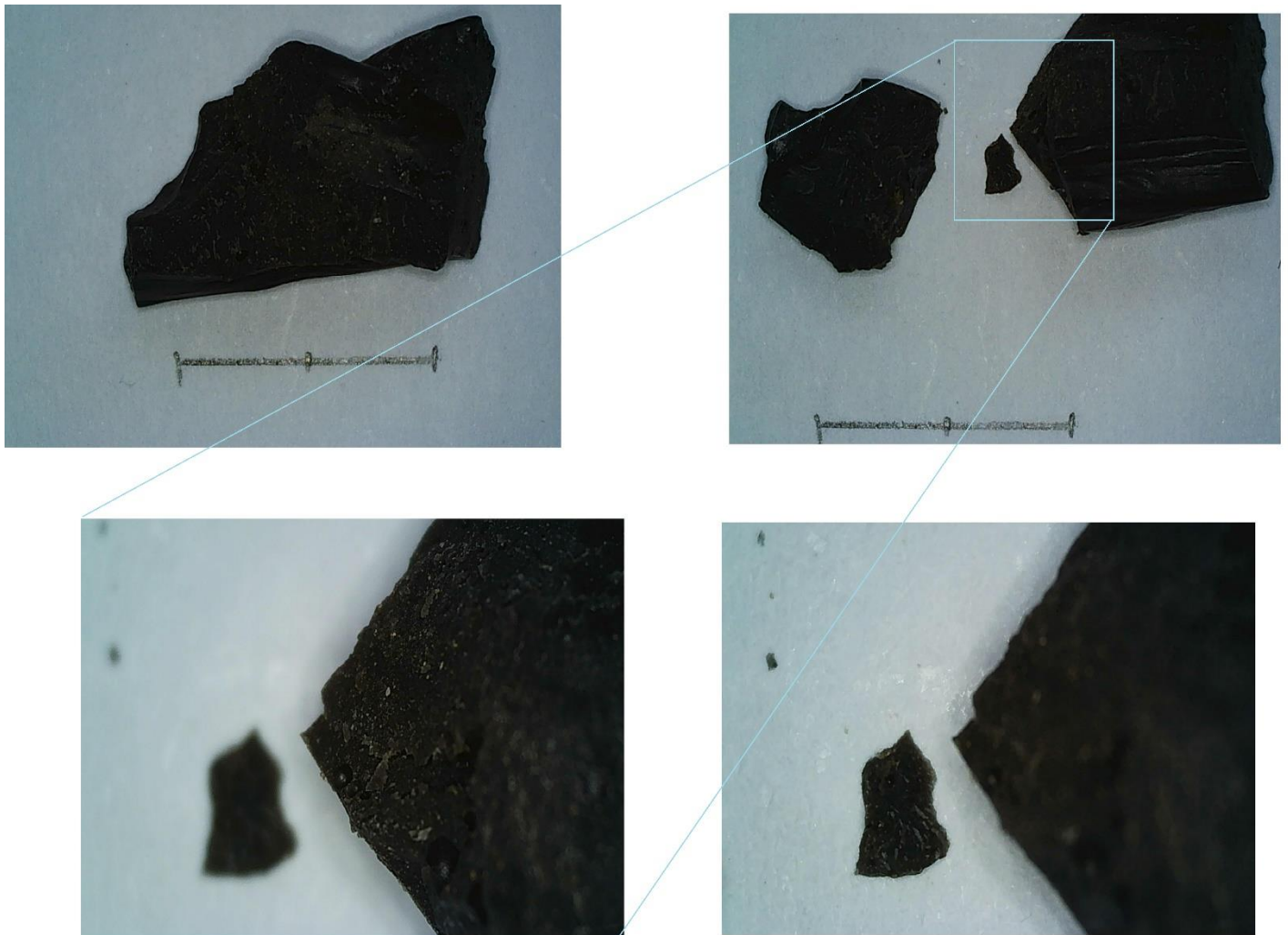


Фиг. 15 При по-голямо микроскопско увеличение се наблюдава излюцване на повърхностният слой на някои от изследваните фрагменти. Излюцване се получава и при преминаване с метална пинсета по повърхността на фрагмента, без да се прилага особено голям натиск.

След приложен с метална пинсета натиск в различни направления, от повърхността на други фрагменти се наблюдава отцепване на по-малки частици от основният фрагмент (Фиг. 16; Фиг 17; Фиг 18 и Фиг 19). При други фрагменти, след упражняване на натиск или преминаване с пинсета по повърхността, се наблюдава само излющване/разслояване (Фиг. 15).

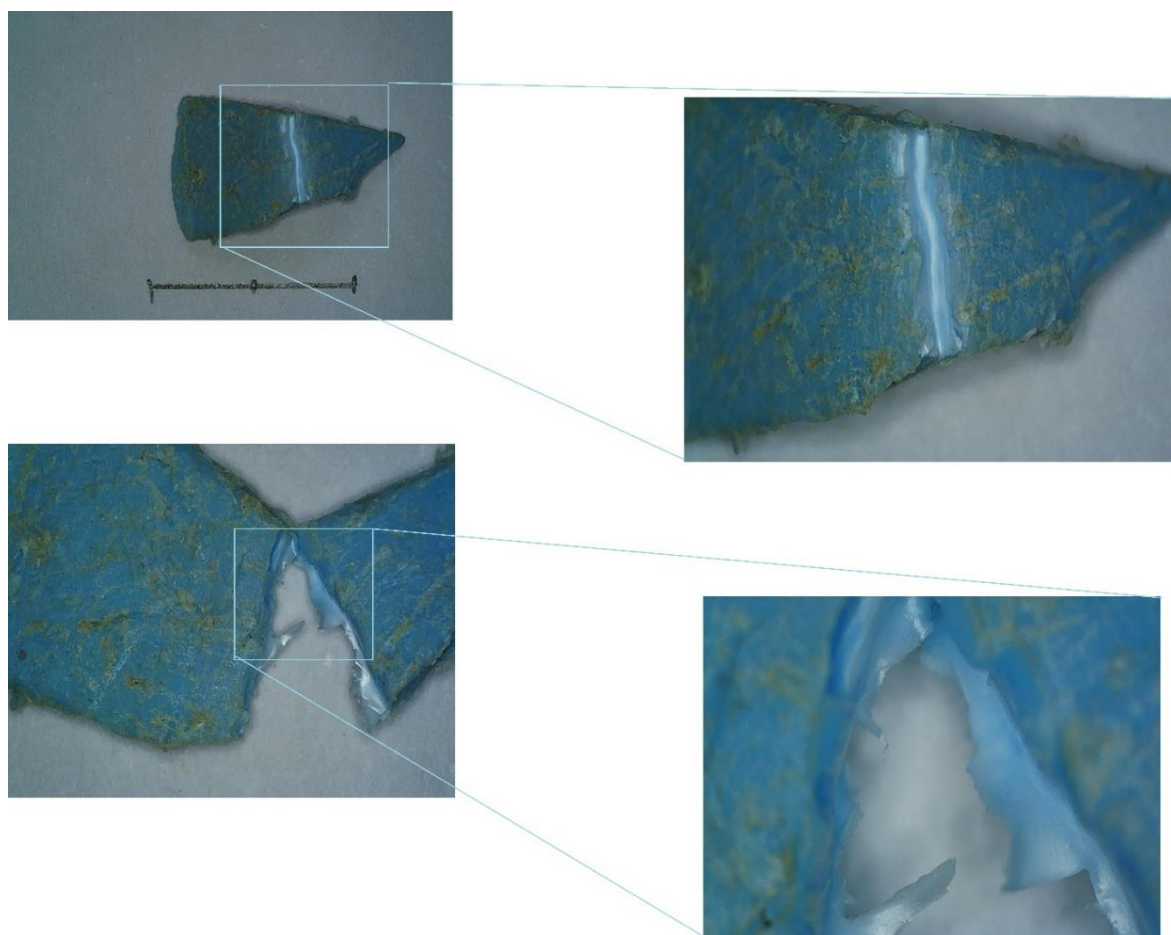


Фиг. 16 Отчупване на по-малки фрагменти след прилагане на лек натиск върху отломка, с помощта на метална пинсета. Снимките представят нарастване на микроскопското увеличение в последователност.

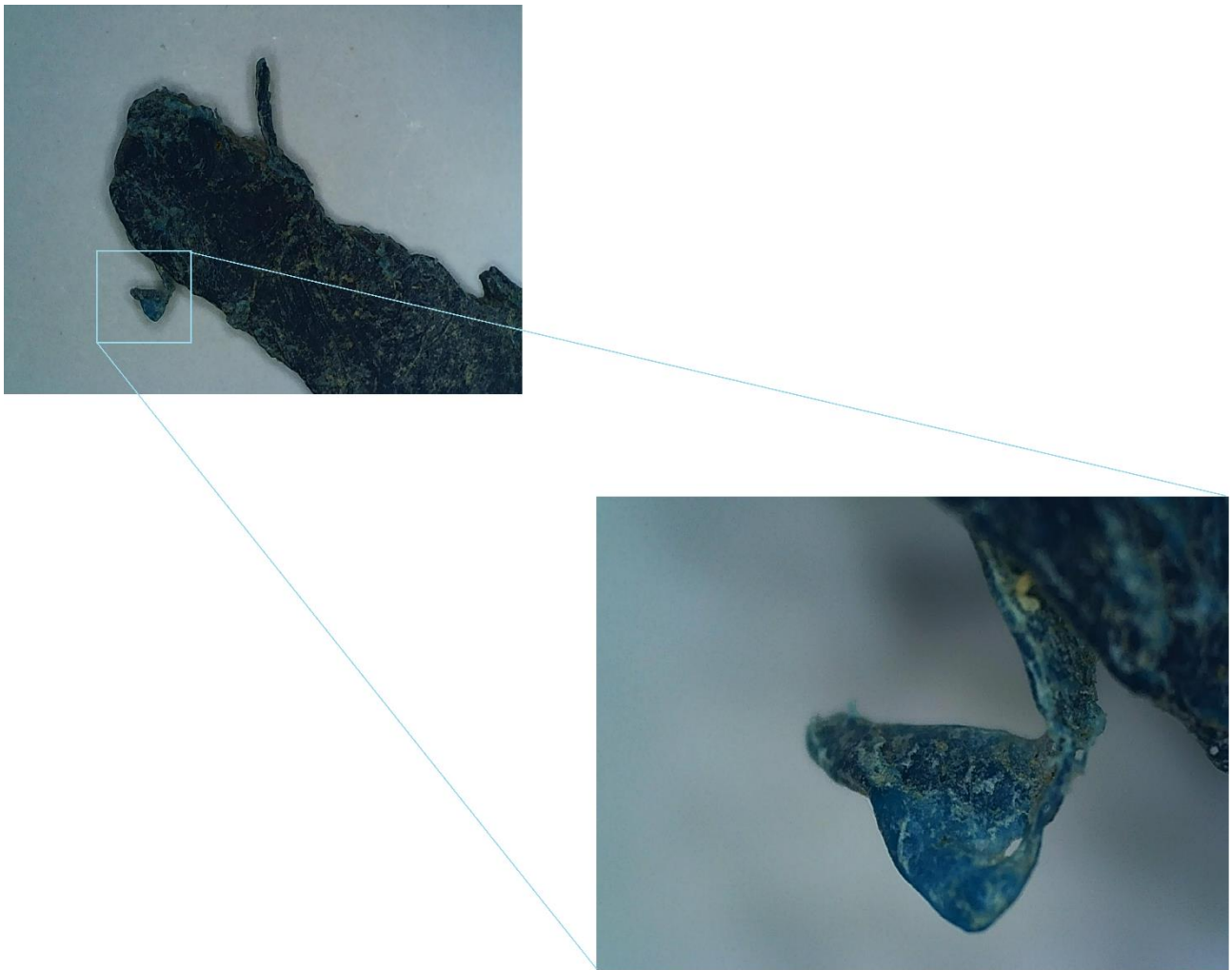


Фиг. 17 Отчупване на по-малки фрагменти след прилагане на лек натиск върху отломка, с помощта на метална пинсета.

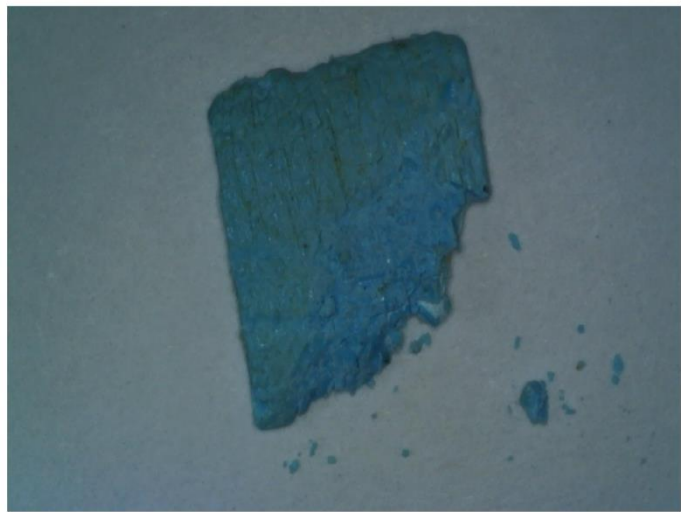
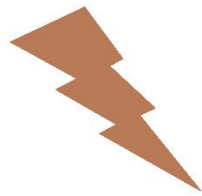
Наблюдаваните фрагментирания и излющвания се случват при различно приложение на натиск т.е. някои пластмасови отломки се фрагментират много по-лесно, при съвсем леко упражнен натиск или изстъргване, докато за други бе необходимо приложение на по-голяма сила за да се наблюдава фрагментиране. При трети, се наблюдаваше само лека деформация без отчупване (дори и след приложение на по-голяма сила) или отчупване на по-малка частица, която обаче остава свързана с по-големият фрагмент и се разделя трудно от него с помощта на пинсета (Фиг. 18 и 19). При 2 от отломките се наблюдаваше изключително голямо фрагментиране, дори и при упражняване на съвсем лек натиск с пинсета. От всички тях се отчупиха голям брой микрофрагменти с размери от порядъка на части от милиметъра (Фиг. 20 и 21).



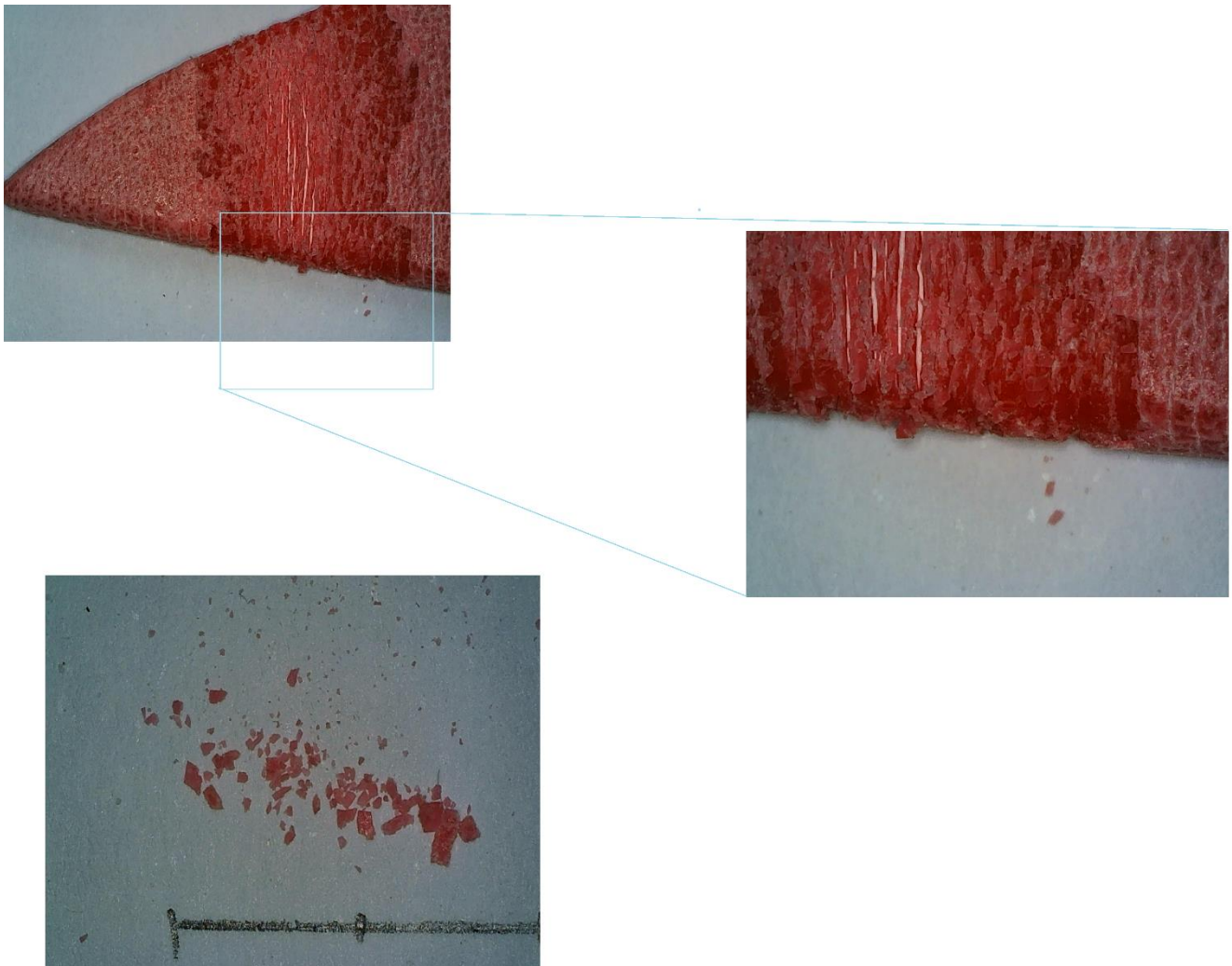
Фиг. 18 Отчупване на по-малка частица, която остава свързана с по-големият фрагмент и се разделя трудно от него с помощта на пинсета.



Фиг. 19 Отчупване на по-малка частица, която остава свързана с по-големият фрагмент и се разделя трудно от него с помощта на пинсета.



Фиг. 20 Отчупване на голям брой микрофрагменти от отломка, след прилагане на лек натиск с помощта на метална пинсета. По-голямата част от отчупените малки частици са с размери от порядъка на части от милиметъра.



Фиг. 21 Отчупване на голям брой (над 60) микрофрагменти от по-голяма отломка, след прилагане на лек натиск с помощта на метална пинсета. Отчупените по-малки частици са с размери от порядъка на милиметър и части от милиметъра.

С помощта на приложението за смартфони „Beat the Microbead“ бяха сканирани за наличие на микрозърна общо 65 продукта, налични за продажба в един единствен магазин от търговската мрежа, разположен в краен квартал на град Варна. По този начин бяха набелязани най-често срещаните първични потенциални микропластмасови компоненти, съдържащи се в някои от наличните в търговската мрежа продукти за лична

хигиена. С цел недопускане възникването на конфликт на интереси, имената на проучените продукти не следва да бъдат описани дословно. Пълният списък с техните имена може да бъде предоставен при запитване и свързване с авторът на настоящият научен труд. По-голямата част от тях са продукти за коса (шампоани, балсами) и тяло (душ гелове). След сканирането на етикета на всеки продукт, се получава информация и описание за някои от съставките, категоризирани в приложението като доказани МР-съставки. За друга част от съставките, очевидно до момента все още няма достатъчен емпиричен материал за да бъдат отнесени с голяма сигурност в тази категория, ето защо се обозначават като непотвърдени/несигурни МРs съставки. В 31 продукта имаше наличие само на непотвърдени частици, без наличие на доказани полимерни съставки, докато в 3 от продуктите имаше наличие само на доказано полимерни съставки. В 15 продукта не бяха открити никакви следи от микрозърна, нито с доказан полимерен състав, нито такива с непотвърден състав, като в приложението тези продукти са обозначени като „plastic free”. В 16 продукта присъстваха едновременно както доказано полимерни съставки, така и съставки със суспектен или непотвърден полимерен състав. За анализ и оценка на най-често срещаните доказани полимерни микрозърна бяха включени само продуктите, в които след сканиране присъстваха именно доказани полимерни микрозърна (общо 19 на брой). В 13 от тях се установява наличие на т.нар. **Dimethicone**. Вторият най-често срещан тип доказан полимер е обозначен като „**Carbomer**”. Неговото наличие се установи в 8 от продуктите за лична хигиена. Останалите съставки на полимерна основа, установени след сканирането са обозначени като „**Polyquaternium-7**”, срещащ се в 2 продукта, и „**Polyquaternium-6**”, срещащ се в един единствен продукт. В обобщение, най-често срещаните съставки на полимерна основа, са **Dimethicone, Carbomer, Polyquaternium-7** и **Polyquaternium-6**. В 31 от общо 65 сканирани продукта, се установява наличие на съставки с неустановен, но суспектен полимерен състав.

Обсъждане

Резултатите, получени в настоящият научен труд, предоставят първоначални базови данни за бъдещи проучвания на пластмасовото замърсяване във Варненски регион, касаещо не само макро- и мезопластмасовите отпадъци, но и микропластмасовите такива. Освен това предоставяме някои предварителни данни за поведението на пластмасите при стареене в морската и крайбрежна среда в района на град Варна, както и данни за присъствието на потенциални полимерни съставки в продукти за персонална хигиена, налични в търговската мрежа. За прилагането на основните методологии в научният труд не се налага одобрение от Комисия по етика на научните изследвания (КЕНИ), тъй като не са използвани инвазивни методи и интервенции, както и идентифициращи данни за респондентите от анкетното проучване.

Резултатите от кратката ни анкета сочат, че респондентите смятат торбичките, чашките и бутилките за най-често срещаните представители отпадъци от пластмасов произход по плажната ивица на град Варна. Това контрастира с резултатите за реалното замърсяване на голяма част от плажната ивица, където се установи, че най-разпространените категории пластмасови отпадъци са всъщност неидентифицираните фрагменти (фрагменти, отчупени от по-голям предмет или отломки с установен произход, които не спадат към нито една от другите описани категории). След неидентифицираните отломки, следващите най-често срещани отпадъци, които намерихме при обхожданията бяха капачките, различни видове опаковки, сламки и др, докато торбичките, чашките и бутилките се срещаха най-рядко по обходеният участък от плажната ивица. Тези резултати ни приближават до заключението, че у респондентите липсва обективна преценка за реалното замърсяване на плажната ивица, което е в съответствие и с други проучвания по темата, показващи, че все още съществуват известни пропуски в осведомеността на хората относно някои аспекти на този специфичен екологичен проблем (Heidbreder, 2019). Провеждането на обширни информационни кампании е един от начините да се осведомят гражданите относно актуалността на проблема с пластмасовото замърсяване и да се повлияе на предпочитанията и нагласите им относно използването, заместването и рециклирането на пластмасовите продукти. Понякога гражданите ясно осъзнават, че противодействието на пластмасовото замърсяване е от първостепенна важност, наред в борбата с останалите екологични кризи в глобален мащаб. Но поради всеобхватността на този проблем и преобладаването му в определени

отдалечени райони на планетата, е много вероятно те да не се смятат за пряко отговорни за него. В този ред на мисли, е от съществено значение сред широката общественост да се имплементират и други стратегии за повишаване на индивидуалната отговорност и мотивация за борба с този екологичен проблем от страна на отделните граждани и крайни потребители. Една такава стратегия са, например, гражданските научни проекти, т.нар. **гражданска наука** или **наука за гражданите** (Adler, 2020; Fraisl, 2022). Включването на хората в различни кампании, полеви проучвания и екологични инициативи изглеждат обещаващи подходи за повишаване както на информираността и отговорността им, така и на мотивацията им за промяна на мисленето и поведението в позитивна екологична насока (<https://eu-citizen.science/>).

Обобщената оценка след анализ на резултатите от нашите експедиционни проучвания показва наличие на пластмасово замърсяване в една част от крайбрежните зони около град Варна. Важно е да се отбележи, че резултатите ни представят една моментна картина на замърсяването, в точно определена времева точка, на точно определени локации. Доколкото ни е известно, нашите открития относно количеството и състава на отпадъците, са първите такива, публикувани за конкретните обходени локации в региона на град Варна. До момента има още само 2 публикувани проучвания, описващи пластмасовото замърсяване на други крайбрежни участъци, в рамките на града (Simeonova, 2017; Panayotova, 2020). Поради тази причина, възможностите на сравнение на резултатите са силно ограничени, но въпреки това, добавяйки данни от проучвания в други крайбрежни локации от Черноморския басейн, бихме могли да направим някои първоначални съотнасяния. Резултатите след преброяването и категоризацията на взетите от нас проби, показват голяма хетерогенност на отпадъците. Най-често срещаните отпадъци са неидентифицираните отломки, принадлежащи към категория „Други“ (със среден дял от всички експедиции - 52 %). В зависимост от локацията и сезона, разпределението на най-често срещаните отпадъци е последвано от категориите „Опаковки“, „Бутилки/тубички“, „Капачки“, „Клечици“ и др. Отчитайки някои различия, тези резултати са много сходни с резултатите от проучванията в други крайбрежни участъци на Черно море, по-специално в района на град Истанбул, където най-често срещаните пластмасови отпадъци принадлежат на категориите „опаковки за напитки“ (19%), „частици от пяна/гъба“ (9%), „въжета (5%)“ и „найлонови опаковки“ (4%) - торби, опаковки за храна и др. (Торџи, 2013). За разлика от намерените там отломки, съотнесени в категория „въжета“, в нашите експедиции не бяха намерени

подобен род отпадъци. От друга страна е интересно да се отбележи, че процентното съотношение на отпадъците от категория „Други“, намерени в нашето проучване е абсолютно идентично с процентното съотношение на неидентифицираните отломки, намерени в близост до района на град Истанбул – и при двете проучвания съставляват точно 52% от всички намерени отпадъци. Въпреки различията в дизайните на отделните проучвания и невъзможността за точни съотнасяния и сравнения на техните резултати, откритото поразително сходство в процентното съотношение между отпадъците от категориите „Други/неидентифицирани отломки“, повдига много въпроси относно неясният произход на повече от половината намерени артикули. Какви са първичните артикули/продукти, от които произхождат тези отпадъци, какъв период от време са престояли в околната среда и какви потенциални токсикологични рискове крият те за околната среда и човека, са въпроси, чиито отговори тепърва предстои да бъдат дадени в бъдещи проучвания.

Най-често срещаните пластмасови отпадъци, открити по време на експедицията ни по северния бряг на Варненското езеро – бутилките, се срещат най-често и на отсрещната страна – по участък от южното крайбрежие. Това може да бъде установено при съпоставяне на резултатите от нашето и едно от двете налични проучвания по темата, конкретно касаещи локация в рамките на града (Simeonova, 2017). В сходни количествени съотношения там се срещат и някои от останалите типове отпадъци, описани в нашето проучване. В табл. 2 са представени 4-те най-често срещани пластмасови отпадъка, намерени по време на нашата експедиция по северният бряг на Варненско езеро (категорията „Други“ беше премахната). За сравнение, в последната колонка от таблицата са представени количествата на същите типове отпадъци, намерени и описани в проучването, проведено между 2015 и 2016 г. (Simeonova, 2017). Единствената разлика се състои в това, че в нашето проучване, на второ място по честота се срещаха пластмасовите капачки, докато в другото проучване втори по честота бяха опаковките, които при нас се нареждат на 3-то място. Пластмасовите торбички се срещат най-рядко и при двете проучвания.

Категории отпадъци	Наша данни	Simeonova, 2017
Бутилки	58	55 (292)
Капачки	29	19 (146)
Опаковки	18	32 (283)
Торбички	12	5 (101)

Табл. 2 Количества (изразени в брой артикули) на 4 от най-често срещаните се пластмасови отпадъци, открити по време на нашата експедиция по северния бряг на Варненско езеро. За сравнение в последната колона от таблицата са дадени количествата на същите типове отпадъци, открити при проучване на отсрещния бряг (южно крайбрежие на Варненско езеро) през зимния сезон. В скоби е представен общият брой отпадъци, открити във всички пробонабирания от 4-те сезона.

Въпреки невъзможността за преки сравнения, поради различия в методологиите, времето на провеждане на експедициите и други променливи, се забелязва известно сходство в резултатите, поне що се касае до някои от съвпадащите категории отпадъци и за двете проучвания (бутилки, капачки, опаковки, торбички). Можем да допуснем, че проученият от нас участък от северния бряг на Варненско езеро е доста по-замърсен от отсрещния бряг, защото обходеното от нас разстояние е само 61 метра, докато обходеният участък от южното крайбрежие е около 1 км дължина, при почти еднакви нетни количества на намерените отпадъци. Тези различия най-вероятно се дължат на географски, ландшафтни, икономически, инфраструктурни и други причини, които би следвало да се проучат допълнително.

В другото проучване на пластмасовото замърсяване на територията на град Варна, публикувано през 2019г. (Panayotova, 2020), някои от най-често срещаните категории пластмасови отпадъци, намерени на плажа в ж.к. Аспарухово, са много сходни с намерените и описани в нашите експедиции категории. На плаж „Аспарухово“ се срещат най-често пластмасови фрагменти, цигарени филтри, пластмасови опаковки и др. Въпреки че не присъства ясно дефинирано пояснение дали фрагментите, намерени в това проучване са неидентифицирани, бихме могли да допуснем, че тази категория съответства на най-често срещаната категория от нашите експедиции – „Други“, които морфологично погледнато, в преобладаващата си част са именно пластмасови фрагменти с най-различни форми и размери. Това е и най-голямото сходство в резултатите между двете проучвания, в случай, че се придържаме към въпросното допускане. От друга страна се наблюдава голямо разминаване по отношение на броя на откритите и описани пластмасови бутилки при двете проучвания. В нашите експедиции бутилките бяха едни от най-често срещаните отпадъци, докато в другото проучване те не бяха описани като съставна част от намерените категории отпадъци.

Изчислените от нас индекси за чистота на крайбрежието (CCI) при първите две обхождания на централен градски плаж възлизат съответно на **CCI=0,38** и **CCI=0,4**.

Спрямо описаните в раздел „Резултати” диапазони, можем да заключим, че този участък от плажа е „Много чист“. Средното количество отпадъци/м², изчислено за този участък от плажа, е от порядъка на 0,019 отпадъка/м². За второто обхождане на плажа получихме резултати от CCI=0,4. Средното количество отпадъци на квадратен метър от плажната ивица възлиза на 0,02 отломки/м². Тези резултати са сходни с резултатите, получени при други проучвания на пластмасовото замърсяване по различни крайбрежни зони (Nachite, 2019; Loizia, 2021).

Изчисленият от нас индекс за чистота на крайбрежието (CCI) при северния бряг на Варненско езеро, е приблизително равен на **31**, което според описаните в раздел „Резултати“ диапазони, означава, че този участък е „изключително замърсен“. Средното количество отпадъци/м², изчислено за този участък от плажа е от порядъка на 1,55 отпадъка/м². Тези резултати са много сходни с резултатите от други проучвания, при които изчислените индекси за чистота на крайбрежието, също са в диапазона на CCI, отговарящ на „изключително замърсяване“ (Akarsu, 2022; Mugilarasan, 2021). Съобразно тези резултати, можем да заключим, че участъкът от северния бряг на Варненско езеро е много по-замърсен от централен градски плаж, въпреки различията в терена, обходената площ и някои други параметри.

Индексът за чистота на крайбрежието за плажът в ж.к. Аспарухово варира между 3.32 и 8.19 в зависимост от сезона. С други думи, плажът в ж.к. Аспарухово е „умерено замърсен“ през пролетта и „Чист“ през есента. Тези резултати са по-близки до изчислените CCI за първите две наши експедиции (съответно CCI=0,38 и CCI=0,4), отколкото до резултатите ни за северния бряг на Варненско езеро (CCI=22,0). Причините за това тепърва предстои да бъдат изяснени.

Бихме могли да обобщим, че с някои изключения, най-често срещаните категории пластмасови отпадъци, изчислени за други крайбрежни зони в района на град Варна, споделят сходно видово/категориално разпределение с нашите резултати по отношение на тези параметри. От друга страна се наблюдават големи вариации по отношение на индексите за чистота на крайбрежието (CCI – Clean Coast Index). Трябва да подчертаем, че е невъзможно да се правят преки сравнения между резултатите от нашето проучване и тези на другите две проучвания за град Варна, поради различия от методологично, географско и метеорологично естество. Въпреки това, първоначалните изчисления показват, че най-чиста от трите локации, е централен градски плаж, следван от плажът

в ж.к. Аспарухово (вариращ между „Чист“ и „Умерено замърсен“, в зависимост от сезона), а на последно място, класифициран като „изключително замърсен“, е участъкът от северния бряг на Варненско езеро. Освен това е важно да се отбележи, че откритията ни представят само една моментна „снимка“ на замърсяването в конкретна географска локация. Освен метеорологичните и географски параметри, за получените от нас резултати, имат значение и множество фактори от антропогенно естество. Така например, би било добре да се отчита дейността на различни екологични и други организации, провеждащи собствени полеви проучвания или други инициативи в обхожданите от нас зони. Активностите им биха могли да окажат влияние върху представителността на получените резултати. Тук могат да се добавят и активностите на отделни заинтересовани лица и служители, които също биха оказали влияние върху надеждността на резултатите. По време на нашите обхождания на централен градски плаж, забелязахме отделни лица, които, независимо от нас, извършваха почистващи дейности. Това би могло да понижи оценките ни за моментното състояние на плажната ивица, по отношение на количествата и видовете отпадъци в този конкретен участък. Поради все още неясни причини, сравнявайки резултатите от първите 2 обхождания, не се установи забележима разлика във видовото разпределение на най-често срещаните типове отпадъци. Времевата и пространствена динамика във видовото и количествено разпределение на отпадъците по крайбрежните зони в и около град Варна, са аспекти, които тепърва предстои да бъдат изяснени. Освен това са необходими още задълбочени проучвания, за да се установят механизмите на транспорта и кумулацията на този тип замърсители в околната среда, както и потенциалът им за създаване на екологични и здравни рискове, със сериозни последици за водните екосистеми и човека.

Поради сравнително запазена цялост, при малко под 2 % от общото количество проби, взети при двете обхождания на централен градски плаж, стана възможно идентифицирането на типа полимери, символно/буквено обозначени върху повърхността. Сред тях се установиха разновидности на **PE (HDPE, PET), и PP**. Въпреки липсата на други преки доказателства за типовете полимери и добавките, от които са съставени намерените тук отломки, на базата на артикулната им принадлежност (косвено доказателство), може да се допусне, че голяма част от тях са изградени предимно от PE. За това говори именно голямото наличие на опаковки, бутилки и други контейнери, които най-често се произвеждат от различни субтипове и вариации на PE. Поради неяснотите относно типовете пластмаси, изграждащи отпадъците от категория

“Други”, можем да допуснем, че измежду тях биха могли да се срещат и артикули, които също са изградени от PE и други представители на полиетиленовото семейство. Всичко това подкрепя предположенията, че един от основните типове полимери открити в нашите експедиции е именно PE и негови деривати. Тези предположения са в съответствие и с научната литература относно пластмасовото замърсяване по различни точки на планетата, при по-голямата част от които, най-често срещаният тип полимер е именно PE и негови разновидности (Issac, 2021; Tiago, 2023). Това не е случайно, с оглед на факта, че понастоящем PE е и най-произвежданият тип полимер (Plastic - The Facts, 2022). За още по-точна идентификация на конкретния тип полимер и различни други добавъчни вещества, открити в околната среда под формата на замърсители, е необходимо използването на прецизна лабораторна техника със специфичен допълващ софтуер.

По-голямата част (близо 90%) от намерените при обхожданията отпадъци са с макропластмасови размери (над 2,5 см по най-дългата им ос). Около 8 % принадлежат към категория мезопластмаси (0,5-2,5 см). Едва около 3 % от всички намерени отпадъци са с размери от порядъка на милиметри (микропластмаси, $\leq 0,5$ см). Тези резултати са донякъде очаквани, отчитайки факта, че се базират на визуална идентификация, при която се забелязват предимно по-големите отломки на повърхността, докато по-малките могат да не бъдат отчетени. От друга страна, различните размери на отпадъците, намерени в околната среда, биха могли да ни ориентират грубо за времето им на престой там. С други думи, колкото по-фрагментиран е даден артикул, толкова по-голяма е вероятността той да е имал по-дълъг престой в околната среда. Този маркер е съвсем условен, защото продължителността на жизненият цикъл за всеки пластмасов отпадък е функция на множество други вътрешни и външни фактори, включващи вида полимер и добавки към него, действие на различни метеопараметри, транспортни и трансферни механизми, влияние на микроорганизми и др.

Разграждането на пластмасите може да бъде предизвикано от топлина (термично разграждане), светлина (фоторазграждане), йонизиращо лъчение (радиоразграждане), механично действие или от гъбички, бактерии, дрожди, водорасли и техните ензими (биоразграждане) (Wurusch, 2018). Всички тези фактори са в различна степен налични в природата, но поради различните комбинации и пропорции от тях, понякога между

наглед еднакви места и локации се наблюдава различна степен на деградация на синтетичните полимери.

От микроскопският анализ тук, може да се допусне, че една част от неидентифицираните фрагменти, принадлежащи на категория “Други”, са претърпели различна степен на фрагментация. При голямо микроскопско приближение става видно, че повърхността на обследваните фрагменти е силно нацепена, с наличие на микропукнатини. При други фрагменти се наблюдава само излющване на повърхността. След приложен с метална пинсета натиск в различни направления, от повърхността на някои фрагменти се наблюдава отцепване на по-малки частици от основният фрагмент. При други фрагменти, след упражняване на не много силен натиск или преминаване с пинсета по повърхността, се наблюдава само излющване/разслояване. Тези разлики най-вероятно се дължат на различни типове полимери, от които са изградени отделните проби, добавените към тях вещества и времето на престой в околната среда. Наблюдаваните фрагментирания и излющвания се случват при различно приложение на натиск т.е. някои пластмасови отломки се фрагментират много по-лесно, при съвсем леко упражнен натиск или изстъргване, докато за други бе необходимо приложение на по-голяма сила за да се наблюдава фрагментиране. При трети, се наблюдаваше само лека деформация без отчупване (дори и след приложение на по-голяма сила) или отчупване на по-малка частица, която обаче остава свързана с по-големият фрагмент и се разделя трудно от него с помощта на пинсета. При 3 от отломките се наблюдаваше изключително голямо фрагментиране, дори и при упражняване на съвсем лек натиск. От всички тях се отчупиха голям брой микрофрагменти с размери от порядъка на части от милиметъра. Всички тези резултати говорят в полза на допускането, че голяма част от пробите вероятно са престояли известно време в околната среда и вече претърпяват различна степен на фрагментация, която освен от условията на средата и експозиционното време, зависи и от типа полимер и наличието на добавки. Поради липса на апаратна идентификация, на този етап остава все още неясно какъв е полимерният състав и съдържанието на добавки в намерените неидентифицирани отломки, съотнесени в категория “Други”. Това от своя страна поражда нови опасения от екотоксикологичен характер, заради неизвестният брой потенциално рискови за екосистемите вещества, отделяни от пластмасовите отпадъци.

Първите визуални ефекти от разграждането на полимера са промени в цвета и напукване на повърхността (Vasile, 2000). Както вече стана ясно, основният отговорник и инициатор на тези процеси е UV-лъчението. Повърхностното напукване прави вътрешността на пластмасовия материал достъпна за абсорбцията на фотони и по-нататъшно разграждане. Миграцията и десорбцията на вещества през полимерната матрица допълнително я дестабилизира, което в крайна сметка води до крехкост и разпадане на материала.

Оцветяващите вещества, добавяни към пластмасите могат да бъдат различни пигменти и багрила (Christie, 1998; Mohamed, 2017). Пигментите могат да бъдат както неорганични, така и органични. За производството на тънкостенни изделия като филми и влакна, се предпочитат повече органичните пигменти (Pfaff, 2021). Освен това, те се прилагат още и за многоцветен печат върху филми, тъй като с тях се постига и по-висок интензитет на цвета, в сравнение с неорганичните пигменти. Ако се изисква висока устойчивост на атмосферни влияния на пластмасовите продукти, неорганичните пигменти са предпочитаните оцветители. Пигментите обикновено се използват повече в производството на пластмаси от семейството на полиолефините (PE, PP, PV и др.). Избора на пигмент се определя от вида полимер, съвместимостта с него, токсичният потенциал на пигмента и други фактори. Така например, поради спецификата в производствения процес на PET (високи температури за голям период от време), за този тип полимери са подходящи само неорганични пигменти и много малко органични пигменти с полициклична структура (**хинакридон, меден фталоцианин, нафталин тетракарбоксилна киселина и перилен тетракарбоксилни киселини**). Другата голяма група оцветители, добавяни при производството на пластмаси - багрилата, се разтварят в полимерната среда и обикновено се задържат в резултат на афинитета между отделните молекули на багрилото и полимерните молекули. Ето защо, при евентуална фрагментация на пластмасовите отломки в резултат от влиянието на факторите на средата, може да се очаква миграция/трансфер на багрила през полимерният субстрат, с последваща десорбция към околната среда. Багрилата се добавят по-често при производството на пластмаси от групите на поликарбонатите, PS, акрил и други полимери (Patel, 2006).

Най-разпространените цветове пластмасови отломки открити във водните басейни са бели и прозрачни/полупрозрачни (47%), жълти и кафяви (26%) и такива в синята гама

(9%) (Martí, 2020). Оставащите 18 % от отпадъците са с цветове в почти всички други цветови гами. Установено е, че честотата на белият цвят се увеличава сред най-малките парчета (<5 мм), в повечето случаи далеч от крайбрежните зони (>500 км). Прецизната оценка на цветовото разпределение на намерените в нашите експедиции отломки, е трудна, поради комбинацията от субективни фактори и наличието на множество отломки съдържащи повече от един цвят. Въпреки това установяваме известни сходства с резултатите от оценките в световен мащаб на най-често срещаните цветове отпадъци и цветовата гама на отломките, открити по време на проведените от нас експедиции. Приблизителното процентно разпределение в цветовете гами на откритите на централен градски плаж отпадъци, са както следва: бели и прозрачни/полупрозрачни ~ 31 %, сини ~ 23 %, жълти/кафяви ~ 14 %, сиви ~ 8 %, червени ~ 5 % (фиг.7). Всички останали цветове, в това число черни, зелени, розови, лилави и оранжеви, съставляват общо около 19 % от пробите. В резултат от наличието на тази богата гама, включваща всевъзможни нюанси на всички основни цветове, можем да допуснем, че при определени обстоятелства, съдържащите се в намерените отломки оцветители, биха могли, да се отделят от полимерната матрица и да навлязат в околната среда. При някои от намерените тук отломки се наблюдават различия в цветовото нюансиране на отделни участъци от тяхната повърхност. Това може да говори именно за наличие на съществуващи миграционни процеси, при които оцветителите, се придвижват в пластмасовата матрица и в някакъв момент се отделят от нея, попадайки в околната среда.

От изложените данни относно пластмасовото замърсяване във водните басейни на планетата стана ясно, че най-често срещаните типове пластмаси в тях са от групата на **полиолефините** – полиетилен и полипропилен. Резултатите от нашите проучвания в известен смисъл подкрепят тези констатации, дори без извършване на прецизна апаратна идентификация на типовете пластмаси, от които са изградени намерените тук отпадъци. Ориентировъчна оценка на типовете полимери може да се направи на базата на артикулната принадлежност и предполагаемите търговски и други функции, които са изпълнявали намерените отломки т.е. може да се предполага, че голямата част от торбичките, опаковките и бутилките са изградени от различни типове **PE, PET** и добавки към тях. Може да се допусне, че от **PP** и други пластмаси са съставени една част от неидентифицираните отломки, съотнесени тук в категория „Други“. Това е хипотеза, която заслужава да бъде тествана. В пробите от нашите проучвания почти липсваха

частици и гранули на полистиренова основа. Тъй като голяма част от пробите, намерени в нашите експедиции показват признаци на различна степен на деградация, можем да допуснем, че те са имали и различен престой в природата. Въпреки че индикации за деградационни процеси могат да се наблюдават още около вторият месец след попадане на дадена отломка в околната среда, поради наличието на голям брой замъгляващи фактори, все още е невъзможно да се съди за точното време на престой в околната среда само на базата на визуални маркери за износване. Докладвано е, че в субтропични солени блата, разграждането на 3 обикновени пластмасови полимера (полиетилен с висока плътност, PP и екструдирани полистирен) започва сравнително бързо, с доказателства за повърхностна ерозия, водеща до разслояване и производство на микропластмасови частици само за период от 8 седмици (Weinstein, 2016). SEM изображенията предполагат, че микропластмасовите частици са се отделили в резултат на разслояване на повърхността. Наблюдават се множество микропукнатини, отчупени ръбове и каналчета по повърхността на отломките, подобно на откритите такива в някои от нашите проби. От друга страна, се предполага, че процесите на разслояване могат да се забавят в известна степен, поради блокирането на UV светлината, породено от разрастването на биофилми по повърхността на отломките. И все пак поради описаните в литературата деградационни процеси, възникващи в пластмасовите отпадъци след попадането им в околната среда и на базата на нашите микроскопски открития, можем да допуснем, че в акваторията на Черно море и прилежащите крайбрежни зони на Варненски район, с течение на времето ще се натрупват все по-малки микрочастици, отделени от по-големи фрагменти/отпадъци под действието на факторите на средата. Техните количества и поведение на този етап остават до голяма степен неизвестни.

Доказано е, че пластмасите на основата на PP, съдържащи BPA, го освобождават по-бързо в повърхностните води, отколкото пластмасите на основата на PLA, които също съдържат като добавка BPA (Rosa, 2018). Имайки предвид потенциално големите количества отломки на полипропиленова основа, открити при провеждане на нашите експедиции, можем да допуснем, че определени количества BPA биха могли да се отделят в крайбрежните зони на град Варна. Тъй като на този етап съдбата и циклите на постъпване на отпадъците от сухоземна към водна среда и обратно са недостатъчно изяснени, тези количества все още не могат да бъдат прецизно измерени.

Има основания да се предполага, че седиментите в различни биотопи от сухоземната среда представляват своеобразни резервоари на BPA, тъй като той се биоконцентрира и

кумулира чрез трофичните мрежи между отделните микроорганизми и други екосистеми (Torres-García, 2022). Следователно, стъпвайки върху тези предположения, в допълнение към откритията от нашите експедиции, можем да допуснем, че определени количества ВРА биха могли да се депонират и в дълбочина под повърхността на крайбрежните зони. Тази хипотеза налага провеждането на допълнителни изследвания за оценка на количествата и възможните начини на пренос на това вещество и дериватите му, между отделните сегменти в различните крайбрежни биотопи на и под повърхността.

При полимерите PE, PP, PS и PVC абиотичното разграждане вероятно предшества биоразграждането (Verit, 2015; Chamas, 2020). Фотоиницираното окислително разграждане на PE, PP и PS води до намаляване на молекулното тегло и образуване на карбоксилни крайни групи, а UV светлината е в състояние да инициира дехлориране на PVC. Когато веригата на полимерите бъде разкъсана след UV-иницирането, се образуват полимерни фрагменти с по-ниско молекулно тегло, които могат да бъдат разградени биологично. В морската среда могат да се осъществят няколко пътя на разграждане едновременно, тъй като различни фактори иницират разграждането. Следователно продуктите на разграждането могат да бъдат по-разнообразни от очакваните за всеки отделен път на разграждане.

Доказано е, че по-малки полимерни фрагменти, образувани от абиотично разграждане, могат да преминат през клетъчни мембрани и допълнително да се биоразградят в микробните клетки от клетъчни ензими, но някои микроби отделят и извънклетъчни ензими, които могат да действат върху определени пластмасови полимери (Shah, 2008). Както и при абиотичната деградация, при биоразграждането на повечето пластмаси, те се разграждат първо на повърхността на полимера, която е изложена и достъпна за химическа или ензимна атака. Следователно разграждането на микропластмасата протича по-бързо от мезо- и макропластмасата, тъй като микропластмасата има по-високо съотношение повърхност/обем.

Въпреки огромното количество научна литература по темата, на този етап остава все още недостатъчно изяснен въпросът за потенциалното въздействие на синтетичните полимери върху живите същества и рисковете, които крият при навлизането в техните организми. Докато някои проучвания показват видимо морфологично или биохимично увреждане на организмите, вследствие от преминаващи или кумулиращи пластмасови

частици в тях, в други изследвания не се наблюдават видими токсични или летални ефекти, дори и при големи концентрации на частиците. Засега се оказва, че по-големи рискове крият не самите полимери, а различните добавки, които се използват при производството им, или други вещества, които могат да сорбират по повърхността или в дълбочина на полимерите, при по дълъг престой в околната среда (Rios, 2010).

Отдавна се знае, че пластмасовите отпадъци имат потенциала да сорбират и транспортират устойчиви органични замърсители, полихлорирани бифенили (PCBs), полициклични ароматни въглеводороди (PAHs) или дори тежки метали (кадмий, олово, цинк, мед, хром и др.) от безгръбначни организми до други по-високи трофични нива (Holmes, 2012; Lee, 2014; Crawford and Quinn, 2017). В тъканите на няколко черноморски риби с търговско значение, са открити в различни концентрации някои конгенери на PCB (Stancheva M, 2017). След анализа става ясно, че нивата на PCBs в морски риби от българското Черноморие, са по-ниски от отчетените в други морски региони от цял свят. Прогнозният хранителен прием на PCB чрез консумация на морски видове, не изглежда да представлява риск за здравето на човека. Понякога нивата на тежки метали могат да се повишат драстично в морската среда, главно заради антропогенното ѝ замърсяване. Проучванията на български научни екипи са анализирали нивата на тежки метали в тъканите на различни риби от Българското черноморие, в това число цаца, сафрид, кефал и др. (Makedonski, 2017; Stancheva, 2013; Peycheva K, 2022). В по-голямата част от проучванията, са установени леко завишени концентрации на Cd, As, Hg, Pb, Zn и Cu, които въпреки това остават в приемливите нива за консумация от хора, без риск за човешкото здраве. Резултатите от тези проучвания показват, че в хрилете на изследваните риби се наблюдава по-висока концентрация на описаните метали, докато в мускулната и другите им тъкани, тя е по-ниска.

В светлината на тези открития, знаейки, че някои пластмасови отпадъци могат да играят ролята на източник или вектор за пренасяне на адсорбирани тежки метали и други устойчиви органични замърсители, е необходимо да бъдат проучени още по-обстойно различните аспекти на транспорта на тези вещества в морската и крайбрежна среда. Би било полезно да се търсят връзки между откритите категории и количества пластмасови отпадъци в нашето и бъдещи проучвания, и възможността те да играят определена роля в транспорта и разпространението на описаните химикали. Проследяването на техният път до различни трофични нива, ще разкрие механизмите на потенциална алиментарна

експозиция при човека, което е заложено във вторият етап на предложената от нас концептуална рамка, описана по-долу. Това би допринесло за извършването на комплексна оценка на токсикологичният риск, който въпросните вещества носят, не само по отношение на морските екосистеми, но и във връзка с човешкото здраве, което пък от своя страна е част от третото ниво на концептуалната рамка – биомониторинговите изследвания.

Освен описаните, доказано вредни за екосистемите и човека вещества, вече има данни и за адсорбция на различни антибиотици от околната среда върху пластмасови отпадъци (Li, 2018). Оказва се, че полиамидът има най-силния адсорбционен капацитет за антибиотици. Идентифицираните антибиотици са **сулфадиазин, амоксицилин, тетрациклин, ципрофлоксацин и триметоприм**. Тези резултати са изключително обезпокояващи, на фона на нарастващата в световен мащаб антибиотична резистентност и предполагат нови допълнителни пътища и предпоставки за потенциалното ѝ увеличаване.

Пандемията от COVID-19 предизвика невиджани сътресения в глобален мащаб, които оказаха дълбоко влияние на страните по света, не само в здравно и демографско отношение, но и засягайки икономиката, социо-културния, политическият, медийният, и дори духовният живот на хората. От перспективата на времето се оказва, че тази глобална пандемична катастрофа изигра и неминуема екологична роля в някои климатични процеси. Въпреки, че по време на най-затегнатите епидемични обстановки бяха отчетени значителни спадове на някои атмосферни замърсители, наблюдавани в много региони по света (главно поради наложени масови забрани за пътуване и ограничаване на транспорта), има данни за увеличаване на пластмасовото замърсяване, свързано с масовото свръхпроизводство на лични предпазни средства, медицински и други търговски консумативи (Aragaw, 2020; Parashar, 2021; Hu, 2022; Klemeš, 2020; Fadare, 2020). Резултатите от проучванията показват, че свръхпроизводството и прекомерното потребление на маски за лице, в комбинация с неадекватното управление на отпадъците, са допринесли за значително увеличаване на пластмасовото замърсяване във водните басейни, тъй като тези продукти се произвеждат най-вече от PP, PU, PE, PC, полиестер и други полимери. Още в първите месеци след началото на пандемията, медицинските отпадъци от всички категории, генерирани в някои провинции в Китай, са достигнали до увеличение от над 370%, като само за 3 месеца (от януари до март),

общото количество на медицинските отпадъци в цял Китай е достигнало до над 207 килотона, с висок дял на пластмасовите продукти и консумативи. Поради фудроянтното възникване на пандемията, липсата на логистика и недостига на системи за инсинерация, се е стигнало до неправилно управление на тези отпадъци, което от своя страна е довело не само до увеличен въглероден отпечатък за околната среда, но и до повишаване на рисковете от транспортиране на вирусни и бактериални патогени, намиращи се по повърхността на изхвърлените маски например. Мокрите кърпички и контейнерите за храна, които са на полимерна основа, също увеличиха производствените си нива по време на пандемията, което впоследствие ги превърна в не по-малко значими замърсители за околната среда.

За целите на настоящият научен труд бе извършено кратко пилотно проучване за първоначална оценка на потенциални микропластмасови частици в продукти за лична хигиена, налични в търговската мрежа в град Варна. Доминиращият тип частици, открити в продуктите за персонална хигиена, описани в научната литература, са предимно на основата на PE (Gouin, 2015; Sun Q, 2020). При сканиране на продуктите от нашето пилотно проучване, описаните на опаковката частици с доказан полимерен състав са **Dimethicone, Carbomer, Polyquaternium-7 и Polyquaternium-6**. Това са най-често срещаните съставки намерени в продукти за лична хигиена и при други проучвания (Nawalage, 2022). Диметикон и неговите деривати, представляват лиенейни силоксанови полимери, които сами по себе си са разновидност на силиконите. Въпреки че техният химичен гръбнак не е на основата на въглерод, а на силиций, те също се смятат за полимери. Добавяни в продукти за лична хигиена, те изпълняват най-различни функции в тях - абсорбенти, обемни агенти, филмообразуватели, агенти за омекотяване на кожата и др. (Nair; 2003; Becker, 2014). Карбомерите са всъщност група полимери, направени основно от акрилова киселина (<https://www.cosmeticsinfo.org/ingredients/carbomer/>), т.е. може да се каже, че терминът „Carbomer“ обозначава търговското наименование на различни деривати на **полиакриловата киселина**. Тъй като те представляват изключително хетерогенна група, проучванията са все още недостатъчно дефинитивни по отношение на потенциалните екологични рискове, които тези вещества крият. Възможните рискове за хората също тепърва предстои да бъдат изяснени. Терминът “Polyquaternium” е неологизъм, използван в Международната номенклатура за козметични съставки ([64](https://www.cirs-</p></div><div data-bbox=)

reach.com/Cosmetic_Inventory/International_Nomenclature_of_Cosmetic_Ingredients_INCI.html) за да обозначи група поликатионни полимери, съдържащи кватернерни амониеви центрове в молекулата си. Те намират приложение в различни шампоани, балсами, спрейове за коса, боя за коса и други продукти. Тъй като са положително заредени, поликатионните полимери неутрализират отрицателните заряди възникващи в различните съставки на търговските продукти. Въпреки наличните данни за проява на токсични ефекти у някои морски организми (особено за „Polyquaternium-6), проучванията относно потенциалните вреди върху водните екосистеми и човека са все още в много ранен етап (Rawlings, 2022). В нашето пилотно проучване, при 31 от общо 65 сканирани продукта, се установява наличие на съставки с неустановен, но суспектен полимерен състав. Това налага провеждането на допълнителни задълбочени анализи на тези суспектни съставки, установяване на тяхната морфология, транспортни механизми в околната среда, както и техните токсикологични параметри.

Ограничения на проучването

Настоящият научен труд съдържа известни ограничения и слабости в дизайна, породени от множество фактори от географско и ресурсно естество. На първо място, може да се отбележи, че са проучени ограничен брой зони в района на град Варна, като бъдещите изследвания би трябвало да разгърнат още повече площта на обхожданията и да се обследват допълнителни непроучени локации. Трудната проходимост в някои райони може да възпрепятства безопасното обхождане, ето защо е необходимо да се вземат предвид ландшафтните характеристики на проучените зони. Освен това, е необходимо да се изследват пластмасовите отпадъци не само по повърхността на крайбрежните зони, но и онези, намиращи се в дълбочина. Бъдещите проучвания би следвало да разкрият какъв е концентрационният градиент на пластмасовите частици на различна дълбочина под повърхността на пясъка/почвата, както и на различни географски локации.

Като недостатък на изследването, бихме могли да посочим и малкият брой участници в пробонабиранията, както и липсата на сезонно проследяване на динамиката на замърсяването. В допълнение, би било добре да се проучат характеристиките на пластмасовото замърсяване и по териториите във вътрешността на град Варна, като за бъдещи обхождания се включат не само водни басейни (градски канали, по-малки реки и водоеми), но и отделни участъци от сушата. По този начин ще се постигне по-пълна и

обективна картина на количествата и вида пластмасови отпадъци, изхвърлени в градската и извънградска околна среда.

Друго ограничение на проучването е непредставителната извадка на респондентите в анкетното проучване. Необходимо е да се направи по-всеобхватна селекция от респонденти на различна възраст, пол, социален статут и др., с цел достигане на по-високо ниво на обективност и репрезентативност.

При прилагане на микроскопски методи би следвало да се използва още по-мощна професионална апаратура, включваща стереомикроскоп, сканиращ електронен микроскоп (SEM) и др. Освен това, за точни качествени анализи на видовете полимери и различни добавъчни вещества към тях, е необходимо прилагането на мощна спектроскопска или хроматографска апаратура. Понастоящем, едни от най-ефективните методи, използвани за идентификация на типовете полимери, са Рамановата спектроскопия и инфрачервената спектроскопия с преобразуване на Фурие (**Fourier-transform infrared spectroscopy - FTIR**).

Друго ограничение на настоящото проучване е, че сканира опаковките на малък брой продукти от търговската мрежа за наличие на потенциални пластмасови добавки в съдържанието им. Целта тук беше да се направи пилотно проучване в малък мащаб, за да се тества приложимостта на мобилното приложение „*Beat the microbead app*“. В бъдещи проучвания е необходимо да се разшири обсега на сканиране на продукти в по-голям брой търговски обекти за хранителни и козметични стоки в района на град Варна и не само. Освен това е необходимо да се сканират и други видове артикули, включващи продукти за орална хигиена, напр. пасти за зъби, за които е доказано, че също съдържат микрочастици на полимерна основа. Чрез събиране на допълнителни данни относно продажбите на тези продукти за определени периоди от време, изследване на точните количества на микропластмасови фрагменти, съдържащи се в тях, както и други променливи, би могло да се извърши изчисление на приблизителните количества от тези частици, постъпващи в околната среда чрез канализационната система в населените места. По този начин ще се спомогне за осъществяване на по-комплексна оценка на риска от екологични катастрофи, застрашаващи водните екосистеми, както и оценка на риска от здравни последици за населението.

Препоръки и бъдещи насоки

На базата на резултатите от проведените от нас експедиции, в допълнение към разгледаните в литературният обзор физикохимични и екотоксикологични параметри на пластмасовите продукти и повсеместното замърсяване на околната среда с тях, ние предлагаме модел на концептуална рамка за поетапно и сегментно изследване на този проблем във Варненска област. Концептуалната рамка представлява набор от 4 различни групи методологии, прилагани в определена последователност, с цел задълбочено проучване на различните аспекти на пластмасовото замърсяване в околната среда, както и аспектите на вредното му въздействие върху екосистемите и човешката популация (Схема 2). В следващите редове ще акцентираме върху някои от аспектите на първият сегмент от предложената концептуална рамка, а именно екологичният мониторинг. Основната ни цел е да обобщим и дадем допълнителни нови насоки и препоръки за неговото оптимизиране при бъдещи проучвания, с оглед на индивидуалните ландшафтни особености на крайбрежните зони в и около град Варна.

Концептуална рамка

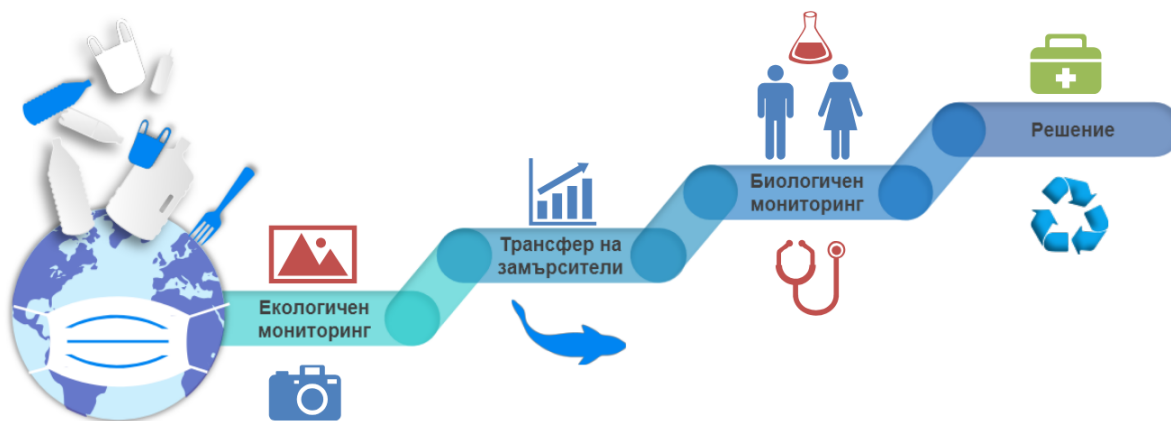


Схема 2. Концептуална рамка за поетапно и сегментно изследване на различните аспекти на проблема с пластмасовото замърсяване в околната среда и потенциалните рискове за екосистемите и човека.

В първият сегмент от предложената концептуална рамка, както вече споменахме, е представен екологичният мониторинг, включващ различните му аспекти (набелязване

на “горещи точки”, визуално обследване, взимане на проби, документиране, лабораторни анализи).

Отправна точка преди започването на експедиция е набелязването на “горещи точки” на замърсяване. Това може да се осъществи чрез предварително визуално обследване/обхождане на място (полево обхождане) или чрез идентификация на замърсени участъци от спътникови/сателитни снимки. Поради все по-напредващата технология по отношение на сателитните системи в орбита около Земята, подобрената разделителна способност и качество на изображенията ще благоприятстват набелязването на “горещи точки” на замърсяване. Използването на по-достъпни летателни апарати тип “дрон” също би допринесло за лесното откриване на замърсени участъци, не само на сушата, но и по повърхността на големите водни басейни. Освен въздушни дроне, могат да се използват и подводни такива, които да взимат проби от различна дълбочина.

Вторият сегмент от предложената концептуална рамка обследва аспектите на възможният трансфер на пластмасови замърсители от околната среда към живите организми, както и потенциалният им трансфер между различни организми, в това число и човека. Разглежда се имплементирането на различни методологии, способстващи за откриване на пластмасови замърсители в тъканите на голям брой организми и евентуалният им трансфер в различни сегменти от околната среда, както и междувидовият трансфер. Тъй като човекът е част от глобалната хранителна мрежа в природата, се предполага, че той ще поглъща една част от пластмасовите частици и свързаните с тях вещества, предимно чрез консумация на водни организми, които вече са погълнали въпросните замърсители. Този своеобразен трансфер на частици от едно трофично ниво към друго, е предпоставка за достигането им до човека, в ролята му на краен консуматор, и проявяване на потенциални вредни ефекти за неговото здраве. За около 50 години световното потребление на морски дарове на глава от населението (риба, ракообразни, мекотели и други водни организми, с изключение на бозайници) се е удвоило от 9,0 kg през 1961 г. на 20,2 kg през 2015 г. (FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture, 2018). Имайки предвид този ръст в консумацията, може да предположим, че в последните няколко десетилетия са се повишили и количествата поглъщани пластмасови частици. Всичко това налага подобряване и унифициране на

протоколите за акуратно изпълнение на методологиите при проучване на тези аспекти, което е заложено именно във втория сегмент от предложената тук концептуалната рамка.

Третият сегмент от концептуалната рамка включва имплементирането на биомониторингови изследвания с цел проучване съдържанието и поведението на пластмасови частици и други вещества в човешкото тяло. Би могло да се установи и анализират взаимовръзките между откритите в морските организми микрочастици и намирането им в непроменен или метаболизиран вид в човешкото тяло. От голяма полза би било изследването на съдържанието, токсикодинамиката и токсикокинетиката на дадени частици и вещества. Освен това е важно да се проучва техният потенциал за биоаккумуляция и възможни взаимодействия с други екозамърсители.

В последния четвърти сегмент от концептуалната рамка са поместени възможните решения на проблема с пластмасовото замърсяване на околната среда, изхождащи до известна степен от натрупаните емпирични данни от предходните 3 сегмента. Една от най-важните предпоставки за ефективна борба с пластмасовото замърсяване и опазването на природните ресурси е разработването и изпълнението на директиви и други стратегии от законодателно естество. Една от ключовите цели на такива законодателни мерки е намаляване на единичната употреба, както и редуциране употребата на еднократни пластмасови продукти. Освен това директивите и регулациите могат да въвеждат различни стандарти за устойчивост и биоразградимост на пластмасовите продукти. Това би стимулирало индустрията да използва по-екологични алтернативи и да разработи нови биоразградими материали.

Една от основните предпоставки за опазването на околната среда от човека е информираността на обществото относно екологичните проблеми в природата и по-специално онези от тях, които са пряко свързани с антропогенното замърсяване във всичките му аспекти. В този ред на мисли, правилното разбиране относно приноса на човешката цивилизация за повсеместното пластмасово замърсяване на водните басейни и неговите последствия за планетата, е от решаващо значение за поддържане на екосистемите в оптимално ниво на благополучие. През последните години интересът и информираността на обществото относно замърсяването на водните басейни с пластмаса нарасна значително. Въпреки това все още съществуват известни пропуски в осведомеността на хората относно някои аспекти на този специфичен екологичен проблем (Heidbreder, 2019). Така например, познанията за биоразградимите пластмаси и

други алтернативни заместители на традиционните пластмасови продукти са все още слаби, особено в развиващите се страни. Наблюдава се тенденция голяма част от медиите да споделят невярна информация и някои заблуди относно пластмасовото замърсяване, което играе роля за неправилното разбиране на този проблем и обективното му осмисляне от широката общественост (Hahladakis, 2020). От една страна това се дължи най-вече на неадекватната интерпретация на резултатите от сериозните научни публикации по темата. Освен това, масовите медии са склонни да изкривяват данните, или да спекулират с някои факти от чисто субективни подбуди, което може допълнително да изкриви разбирането на хората за различните аспекти на пластмасовото замърсяване в природата. Ето защо, провеждането на информационни кампании, свързани с пластмасовото замърсяване би могло да предостави необходимите знания на гражданите, включително и за промяна на предпочитанията и поведението на потребление, което от своя страна е добра първа стъпка към справяне с този екологичен проблем (Latinopoulos, 2018). Въпреки това промяната в поведението и нагласите за опазване на околната среда не следват мигновено, главно поради вече формираните навици, практичността и удобството в контекста на потреблението. В този ред на мисли, формирането на индивидуални нагласи, предпочитания и екологично мислене би следвало да се насърчава и осъществява още в най-ранна детска възраст.

Основна роля за формирането на екологично съзнание у подрастващите, играят най-вече техните родители, преподаватели и наставници. Доказано е, че предоставянето на допълнителни знания по екологични науки подобрява отношението и нагласите на учениците към околната среда, което от своя страна е предпоставка за изграждането на устойчива ценностна система у тях (Bradley, 1999). Въпреки че информираността и познанията на учениците от началните и средни училища в развитите страни, относно проблемите с пластмасовото замърсяване се повишават непрекъснато, резултатите от някои проучвания показват, че учениците в други страни, все още имат ниски нива на екологична просвета (Hamami, 2017). След провеждане на образователни екологични интервенции, децата до 8-годишна възраст проявяват по-голяма загриженост и осъзнатост по отношение на морските отпадъци (Hartley, 2015). Нещо повече – те дори развиват отговорност да ангажират техните родители, близки и приятели относно тези екологични проблеми, като по този начин повлияват в положителна насока на нагласите на възрастните към опазване на околната среда. Прякото участие на ученици от по-горните класове в полеви дейности по почистване на плажове, се оказва полезен

инструмент за повишаване на специфичните знания и стимулиране на интереса им към проблема с пластмасовото замърсяване (Locritani M, 2019).

Необходимо е навсякъде където би било рентабилно, да се имплементират маркетингови механизми за опазване на околната среда, които биха могли да стимулират пазара да предприема по-екологично поведение (Маринова, 2013). Тези методи включват например икономически стимули, квоти за замърсяване и компенсационни плащания, система от плащания за замърсяване и др. По същество те представляват регулативни механизми, които се използват, за да се убедят различните компании да приемат по-екологично поведение като опазване на околната среда, без това да е в ущърб на тяхната дейност и реализирането на печалби.

С оглед на присъствието на микропластмаса в продуктите за лична хигиена, би било добра потребителска практика при избора на продукти за лична хигиена да се проверява етикета и информацията на производителя, за да се гарантира, че продуктът не съдържа пластмасови частици и е признат като "свободен от пластмаса" ("Plastic free"). Списъкът на съставките върху етикета трябва да бъде съставен в низходящ ред в зависимост от количеството вложена маса към момента на влагането им в козметичния продукт (Регламент – ЕО - № 1223/2009 на Европейския парламент и на Съвета от 2009г.). Съставките с концентрация по-малка от 1% също трябва да бъдат изброени в списъка, но могат да бъдат подредени в произволен ред след тези с концентрации по-големи от 1%. Това означава, че независимо от концентрацията на дадена съставка, тя все още трябва да бъде ясно указана в списъка със съставките на продукта. Тези правила на регулиране имат за цел да осигурят прозрачност и информираност на потребителите относно съставките на продуктите за лична хигиена, както и да гарантират, че производителите се съобразяват със стандартите за безопасност и природосъобразност. За максимално информиране, освен да четат етикетите на продуктите, потребителите е редно и да разглеждат различни онлайн ресурси, за да разберат повече за съставките в продуктите за лична хигиена и практиките на производителите. Междувременно различни организации и институции продължават да работят върху регулации и стандарти, които да насърчават устойчивата козметична индустрия и защитата на околната среда (Boots, M. G., and E. J. W. van Sambeek. European congeneration certificate trading-ECOCERT; <https://www.ewg.org>; <https://www.safecosmetics.org>).

Изводи

1. Замърсяването с пластмаса в Черно море и крайбрежните му зони споделя много сходства, но и някои различия с пластмасовото замърсяване, наблюдавано по други точки на света, включително и някои черноморски крайбрежни райони.
2. Във Варненски регион се наблюдава видимо замърсяване с няколко различни категории пластмасови отпадъци, наблюдавани върху по-голямата част от предварително набелязаните крайбрежни локации.
3. Най-разпространената категория пластмасови отпадъци са неидентифицираните отломки. Те представляват раздробени части от по-големи пластмасови предмети, които са се разпаднали и разпръснали в крайбрежната среда.
4. Най-често срещаните категории пластмасови отпадъци с идентифициран произход и употреба са опаковъчните материали, пластмасови бутилки, сламки, капачки и различни други отломки.
5. Наблюдават се относителни сезонни различия във видовете и разпределението на намерените по централен плаж отпадъци.
6. Наблюдават се преки и косвени доказателства за наличието на определени типове полимери, от които най-вероятно са изградени намерените при експедициите ни отпадъци. Преките доказателства са значително по-малко от косвените и се базират единствено на ясно различимо обозначение за полимерния състав върху повърхността на самите отпадъци.
7. Наблюдава се различна степен на фрагментация и деградация на една част от отломките, намерени в крайбрежните зони.
8. На базата на предполагаемия полимерен състав, съобразно наблюдаваната категориална принадлежност на отломките, може да се очаква една част от тях да крият рискове от токсично и епидемиологично естество за водните екосистеми, а косвено и за човешката популация.
9. В някои от срещаните се в търговската мрежа продукти за лична хигиена, се установява наличие на полимерни съставки и други вещества с непотвърден, но суспектен полимерен произход.
10. Въпреки знанието на жителите на град Варна относно съществуването на екологичен проблем с пластмасовото замърсяване, те нямат реалистична

представа за най-често срещаните категории пластмасови отпадъци по плажовете.

11. Проучванията на замърсяванията с пластмаса в сладководните басейни на България, акваторията на Черно море и прилежащите крайбрежия, са все още на много ранен етап и са необходими спешни мерки за повишаване на емпиричната мощ по темата.

Заключение

Въпреки че замърсяването на околната среда е част от човешката история от хиляди години, мащабът и въздействието му са се увеличили значително през последните векове с широкото използване на промишлени процеси и модерни технологии (Могажан, 2019). Наред със замърсяването на въздуха, пластмасовото замърсяване във водните басейни, само за период от половин век, придоби мащаби които поставят на дневен ред благосъстоянието не само на водните екосистеми, но и на човешката популация.

Наличието на големи количества пластмасови отпадъци във водните басейни на планетата, допринася за потенциалното въвеждане на различни химикали, включително химически добавки, нереагирани мономери и продукти на разграждане. Някои от тези остатъчни добавки са идентифицирани като потенциално опасни за морските организми и човека, но за прецизна и комплексна оценка на риска се изискват още допълнителни проучвания.

Макар че понастоящем вече е в ход разработването на унифицирани протоколи за мониторинг на пластмасовите отпадъци в морската и крайбрежна среда, прецизното изследване на МР все още е изключително възпрепятствано от различни технически предизвикателства и големите колебания в концентрациите на тези замърсители в природата. Ето защо, реалната експозиция на МР-частици и техните добавъчни компоненти, остава трудна за евентуална оценка на риска за морските екосистеми, а оттам и за човека.

Въпреки големите различия в прилаганите методологии, можем да заключим, че в зависимост от местоположението, типа на крайбрежната зона, както и изследваната площ, плътността и видовете пластмасови отпадъци показват висока хетерогенност при

отделните проучвания. Поради тези причини, преките сравнения между резултатите, описани в различните публикации по темата, са все още в голяма степен нерелевантни, ако не и невъзможни. И все пак, ако трябва да се направи приблизителна консервативна оценка при сравняването на резултатите между световните проучвания и онези, получени при изследванията на Черно море, може да се заключи, че пластмасовото замърсяване на Черноморското крайбрежие е много сходно с голяма част от замърсяванията на други крайбрежни зони, поне по отношение на количествата и вида на замърсителите.

На базата на резултатите от нашите проучвания, можем да заключим, че замърсяването с пластмаса в Черно море и крайбрежните му зони споделя много сходства с пластмасовото замърсяване, наблюдавано по други точки на света. Във Варненски регион се наблюдава видимо замърсяване с различни категории пластмасови отпадъци, като най-често срещаните категории са неидентифицираните отломки, които представляват раздробени части от по-големи пластмасови предмети, разпръснати в крайбрежната среда. Освен това, се откриват и идентифицирани отпадъци като опаковъчни материали, пластмасови бутилки, сламки, капачки и други отломки. Наблюдава се различна степен на фрагментация и деградация на някои отломки, което може да има потенциално опасно влияние върху околната среда. Тези резултати подчертават необходимостта от допълнителни всеобхватни мониторингови проучвания, и в същото време предприемане на сериозни превантивни мерки за намаляване на пластмасовото замърсяване и защита на морската и крайбрежна среда.

От изложеното до тук става ясно, че въпросът с пластмасовото замърсяване във водните басейни е широкообхватен и многопластов проблем, чието разрешаване ще изисква не само намесата на интердисциплинарни научни екипи, но и прякото ангажиране на обществото, включително и най-младите възрастови групи. Докато педагозите и организаторите на различни екологични дейности и мероприятия са в състояние да повишат осведомеността и да насърчат алтернативни модели на поведение, заинтересованите страни от търговския и промишлен сектор, както и политиците носят отговорност за прокарването на подходящи политики, промяна на нагласите и законодателството по отношение на потреблението и управлението на отпадъците. Правителствата трябва да си сътрудничат не само на регионално, но и на глобално ниво, за да регулират и подобряват практиките в производството и търговията с пластмасови

продукти, както и адекватното управление на отпадъците в светлината на кръговата икономика. Освен това е необходимо да насърчават и финансират допълнителни проучвания и внедряване на иновативни съвременни технологии при производството на алтернативни, екологично чисти заместители на пластмасите.

На дневен ред пред настоящите и бъдещи изследователи стои въпросът за допълването и усъвършенстването на набора от методологии, помагачи за точното откриване и изчисляване на количествата пластмасови замърсители в околната среда и по-специално водните басейни и прилежащите им крайбрежни зони. От жизнена важност е и въпросът за идентифициране на тяхната видова принадлежност, с оглед на все по-нарастващият брой доклади, относно нововъзникващите типове замърсители и различните потенциални вреди, които те носят за екосистемите и човека. Освен това е необходимо извършването на още допълнителни проучвания, за да се установят възможните пътища на трансфер на въпросните замърсители от и към околната среда, както и произтичащото от това потенциално навлизане и мултивекторен пренос на пластмасови частици и техни деривати на различни нива от трофичните мрежи, в които заема място и човека. По този начин имплементирането и прилагането на отделните стъпки на екологичният и биологичен мониторинг, ще се превърне в основополагащо звено при осъществяване на адекватна първична профилактика и превенция на потенциалните вреди за екосистемите и човека, възникващи вследствие на пластмасовото замърсяване във водните басейни.

Въпреки хипотетичните рискове, на този етап изглежда, че водните екосистеми и човекът са все още слабо застрашени от пластмасова екологична катастрофа, способна да дебалансира и унищожи до критичен праг различни биологични видове, както и да окаже клинично значими прояви у хората. Но ако цивилизационното ни развитие продължи със същите темпове и отделният индивид не придобие по-висока степен на индивидуална екологична осъзнатост, която след това да трансформира и в колективна такава, би могло да се очаква антропогенното замърсяване на околната среда да бъде проблем с нарастваща значимост, поставящ под въпрос оцеляването не само на природните екосистеми, но и на човекът като живо същество.

Приноси

Приноси с оригинален характер

1. Направени са основополагащите стъпки за осъществяване на екологичен мониторинг по отношение на подробната морфология на пластмасовото замърсяване в крайбрежните зони на Варненски регион.
2. Извършена е първата подробна категоризация на количествата, размерите и видовете пластмасови отпадъци в някои крайбрежни зони на град Варна.
3. Направена е първоначална оценка на някои от най-често срещаните видове микрочастици с потенциален пластмасов характер, добавяни в продукти за лична хигиена, налични в търговската мрежа.
4. За пръв път е извършен микроскопски анализ на отпадъци от пластмасовото замърсяване във Варненски регион, с цел ориентировъчно определяне степента на фрагментация и деградация на пластмасови отпадъци, престояли в околната среда.
5. Създадена е нагледна концептуална рамка за поетапно и сегментно изследване на пластмасовото замърсяване и различните негови аспекти във Варненски регион.

Приноси с потвърдителен и приложен характер

1. Осъществен е наративен теоретичен обзор на научната литература, разглеждаща замърсяването с пластмаса във водните басейни и крайбрежните зони, както и произтичащите от това потенциални рискове за екосистемите и човешкото здраве.
2. Данните от настоящото изследване биха могли да допринесат за провеждане на бъдещи обучения, практически и информационни кампании, чрез които да се изведе в публичния дискурс проблемът с пластмасовото замърсяване в района на град Варна, включително чрез ангажиране на мрежи за гражданска наука.
3. Дадени са препоръки за поетапно и сегментно изследване на проблема с пластмасовото замърсяване във Варненска област, чрез оптимизиране и прилагане на различните аспекти на екологичният мониторинг.
4. Данните от настоящото изследване са изходна база за допълване и разширяване на учебният материал по хигиена и екология, както и други сфери на познанието.

Специални благодарности

Въпреки че настоящият научен труд бе осъществен почти изцяло само от главният изследовател, в основата на неговото финализиране и цялостно реализиране стоят моралната и емоционална подкрепа на определени личности. Огромна признателност и специални благодарности на: Виктория Златева, Андрей Андреев, Станимир Андреев, Ивайло Димитров, Борислав Колев, Мила Радева, проф. Теодора Димитрова, д-р Димчо Томов, д-р Екатерина Вълчева, Моника Стефанова, Александър Кръстев, Антон Стойков, Момчил Александров, Иванета Ковачева, както и на кучетата Корси, Мия, Бейби и котката Деф.

Приложения

В този раздел са изложени обемни данни от снимков доказателствен материал, представящ категориите пластмасови отпадъци, намерени при всички обхождания на крайбрежните зони на Черно море, в района на град Варна. Поради големия обем данни, снимките са с намален размер, с цел поместване в рамките на настоящият научен труд на всички възможни проби, иззети от крайбрежните зони при полевите обхождания. На няколко от снимките присъстват и непластмасови артикули, като например метални капачки от буркани или хартиени опаковки, тъй като при заснемането все още не са отделени и сортирани само пластмасовите отпадъци.







АНКЕТНА КАРТА

Информираност на населението на град Варна относно замърсяването с пластмаса и влиянието му върху околната среда и човешкия организъм

1. Колко често използвате еднократни пластмасови продукти – торбички, бутилки, чаши, прибори и др.?

- Един път на ден. – 32,1% (N=84)
- Повече от един път на ден. – 21%, (N=55)
- Не, избягвам използването им. – 42,4%, (N=111)
- Не мога да преценя. – 4,6%, (N=12)

2. След употреба изхвърляте ли пластмасовите продукти отделно?

- Не. – 17,6%, (N=46)

- Имам желание, но няма контейнери за разделно изхвърляне на отпадъците в близост. – 35,9%, (N=94)
- Да. – 22,9%, (N=60)
- От време на време. – 23,7%, (N=62)

3. До каква степен мислите, че замърсяването с пластмаса е проблем?

- В голяма степен. – 94,7%, (N=248)
- Не е проблем. – 0%
- Не съм сигурен. – 5,3%, (N=14)

4. До каква степен смятате, че преобладават пластмасовите отпадъци в морската вода и плажната ивица в гр. Варна?

- Не са преобладаващи. – 11,5%, (N=30)
- До голяма степен. – 61,5%, (N=161)
- Не мога да преценя. – 27,1%, (N=71)

5. Кой вид пластмасов отпадък се открива най-често по Варненската плажна ивица:

- Торбички – 27,1%, (N=71)
- Сламки – 3,4%, (N=9)
- Чашки за кафе (пластмасови и „картонени“) – 31,3%, (N=82)
- Бутилки – 30,5%, (N=80)
- Капачки – 7,6%, (N=20)

6. Запознати ли сте с влиянието на пластмасовите отпадъци върху околната среда?

- Не. – 1,5%, (N=4)
- Да. – 79%, (N=207)
- Нямам много информация. – 19,5%, (N=51)

7. Знаете ли какво представляват микро- и нано- пластмасата?

- Не. – 26,3%, (N=69)
- Да. – 45%, (N=118)
- Нямам много информация. – 28,6%, (N=75)

8. Запознати ли сте с влиянието им върху човешкия организъм, флората и фауната?

- Не. – 26%, (N=68)
- Да. – 74%, (N=194)

9. Към кой бихте се обърнали за въпросите по опазване чистотата на плажната ивица?

- Регионална здравна инспекция – 17,2%, (N=45)
- Регионална инспекция по околната среда и водите. – 59,5%, (N=156)

- Общината – 35,9%, (N=94)
- Концесионер – 21,8%, (N=57)
- Неправителствена организация – 21,4%, (N=56)
- Не мога да преценя – 12,2%, (N=32)

10. Къде по плажната ивица на и около гр. Варна сте попадали на струпани пластмасови отпадъци или плувачи във водата такива?

.....

11. Как, според вас, можем да се справим най-добре в борбата със замърсяването с пластмаса?

- Повече инициативи за почистване. – 13,4%, (N=35)
- По-голяма осведоменост на населението. – 22,1%, (N=58)
- Наблягане разделното събиране на отпадъците. – 11,8%, (N=31)
- Избягване използването на пластмасови продукти. – 52,7%, (N=138)

12. Бихте ли искали да знаете повече по темата?

- Да. – 87%, (N=228 човека)
- Не. – 13%, (N=34 човека)

13. В коя възрастова група сте:

- До 18 години – 6,1%, (N=16)
- 19 - 30 години – 50,8%, (N=133)
- 31 - 50 години – 29%, (N=76)
- Над 50 години – 14,1%, (N=37 човека)

14. Пол:

- Мъж – 29,8%, (N=78)
- Жена – 70,2%, (N=184)

Публикации и участия по темата на дисертацията

Публикации

Ченков Я., Андреев А., Разпространение и времева динамика на пластмасовото замърсяване в сектор от крайбрежната ивица на град Варна, Supplement на Journal of Biomedical and Clinical Research (JBMR), 2020, 99-103

Chenkov Y., Andreev A., Survey on the awareness of the residents of Varna about the plastic pollution in the Black Sea. Proceeding of the ninth student scientific conference “Ecology and environment”, 2021, vol.8, 76-84

Ченков Я., Оценка на замърсяването с пластмасови отпадъци във Варненското езеро (първо съобщение), Списание Социална Медицина, 2021, (1): 14-17

Участия в научни конференции

Участие в Юбилейна научна конференция с международно участие „НОВИ ПОДХОДИ В ОБЩЕСТВЕНОТО ЗДРАВЕ И ЗДРАВНАТА ПОЛИТИКА", 26 -28 ноември 2020 год. в Медицинския университет – Плевен. Тема: „Разпространение и времева динамика на пластмасовото замърсяване в сектор от крайбрежната ивица на град Варна“

Участие в 9-та студентска научна конференция „Екология и околна среда“, 23-24 април, 2021г. Тема: „Survey on the awareness of the residents of Varna about the plastic pollution in the Black Sea“.

Участие в научна програма на 9-ти фестивал „Море и здраве“, 18-20 май, 2023г., МУ-Варна. Тема: „Екологичен мониторинг на пластмасовото замърсяване във Варненски регион и потенциални рискове за морските екосистеми и човешкото здраве“