

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра екологічного права і контролю

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

рівень вищої освіти: «магістр»

на тему: „Забруднення Каспійського моря нафтопродуктами”

Виконав студент 2 курсу групи МЕПІ-6  
спеціальності 8.18010005  
«Екологічна політика і право»  
Абиев Елвін Садраддін огли

Керівник роботи к.геогр.н., доцент  
Сапко Ольга Юріївна

Рецензент к.геогр.н., доцент  
Гриб Олег Миколайович

ОДЕСА – 2017

## АНОТАЦІЯ

Забруднення Каспійського моря нафтопродуктами

Абисєв Елвін Садраддін огли

Каспійське море – унікальна водойма, його вуглеводневі ресурси й біологічні багатства не мають аналогів в світі. Це найстаріший у світі нафтовидобувний басейн. Головним забруднювачем моря є нафта та нафтопродукти, тому актуальним є питання вивчення стану забруднення Каспійського моря нафтою та нафтопродуктами.

Метою роботи є аналіз стану забруднення Каспійського моря нафтопродуктами. Основним завданням роботи є визначення основних джерел надходження нафтопродуктів в Каспійське море та визначення шляхів вирішення екологічних проблем, що пов'язані із добутком нафти.

Об'єктом дослідження є Каспійське море. Предметом дослідження є стан забруднення Каспійського моря нафтопродуктами.

Методом дослідження є систематизація наявної інформації про рівень забруднення нафтопродуктами Каспійського моря та визначення джерел надходження нафтопродуктів в Каспійське море.

Результатом роботи є визначення сучасного рівня забруднення Каспійського моря нафтопродуктами.

Отримані результати можуть бути використані місцевими органами влади при прийнятті управлінських рішень, щодо охорони Каспійського моря, а також будуть використані в навчальному процесі ОДЕКУ.

Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків та списку літератури з 22 джерел. Загальний обсяг роботи складає 74 сторінки, у тому числі 6 таблиць та 7 рисунків.

*Ключові слова:* Каспійське море, нафта, нафтопродукти, джерела забруднення.

## SUMMARY

The pollution of the Caspian Sea oil products

Abyyev Alvin Sadraddin oglu

Caspian Sea – a unique body of water, its hydrocarbon resources and biological wealth are unique in the world. It is the world's oldest oil-producing basin. The main contaminant is sea oil and petroleum products, so important is the study of pollution of the Caspian Sea oil and petroleum products.

The aim is to analyze the state of pollution of the Caspian Sea oil. The main objective of the work is to determine the major sources of oil in the Caspian Sea and determining solutions to the environmental problems associated with the product of oil.

The object of the study is the Caspian Sea. The subject of research is the state of pollution of the Caspian Sea oil.

The method of research is to systematize the information available about the level of oil pollution of the Caspian Sea and determination of the sources of oil in the Caspian Sea.

The work is to determine the current level of pollution of the Caspian Sea oil.

The results can be used by local governments in management decisions concerning the protection of the Caspian Sea, as well as used in teaching OSENU.

The work consists of an introduction, 4 chapters, conclusion and bibliography of 22 sources. Total volume of work is 74 pages including 6 tables and 7 figures.

*Keywords:* Caspian Sea oil, petroleum products, sources of pollution.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....   | 5  |
| ВСТУП .....  | 6  |
| 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КАСПІЙСЬКОГО МОРЯ. 8                     |    |
| 1.1 Географічне положення.....   | 8  |
| 1.2 Рельєф берегів та дна.....   | 14 |
| 1.2.1 Структурно-морфологічні особливості рельєфу дна .....                  | 18 |
| 1.3 Основні кліматичні особливості.....                                      | 20 |
| 2 НАФТА ТА НАФТОПРОДУКТИ ЯК ЗАБРУДНЮВАЧІ МОРСЬКОГО<br>СЕРЕДОВИЩА .....       | 29 |
| 2.1 Загальна характеристика властивостей нафти та нафтопродуктів .....       | 29 |
| 2.2 Вплив нафти та нафтопродуктів на стан морського середовища .....         | 32 |
| 3 ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА НАФТОЮ ТА<br>НАФТОПРОДУКТАМИ..... | 42 |
| 3.1 Наслідки забруднення морського середовища нафтопродуктами.....           | 47 |
| 4 СТАН ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....                                 | 53 |
| 4.1 Шляхи вирішення екологічних проблем Каспійського моря.....               | 63 |
| ВИСНОВКИ.....  | 66 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....   | 70 |

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

СРСР – Союз Радянських Соціалістичних Республік;

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини;

ГДК – гранично допустима концентрація.

## ВСТУП

Надзвичайно гостроту в останні роки придбала проблема збереження екологічного здоров'я унікального природного об'єкта, яким є Каспійське море. Каспійське море – унікальна водойма, його вуглеводневі ресурси й біологічні багатства не мають аналогів в світі.

Каспій – найстаріший у світі нафтовидобувний басейн. В Азербайджані, на Апшеронському півострові, видобуток нафти почалася більше 150 років тому і туди ж вперше в нафтовидобуток направлялися іноземні інвестиції. До промислової розробки на шельфі приступили в 1924 р. За часів СРСР політична сторона Каспійського питання полягала в тому, що нафтогазові ресурси Прикаспію розглядалися скоріше як стратегічний резерв для всього СРСР, а основний упор був зроблений на освоєння родовищ Західного Сибіру.

Після розпаду СРСР склалася принципово інша ситуація. «Стратегічні запаси» виявилися власністю нових незалежних держав і відразу ж стали предметом їх торгу з міжнародними нафтогазовими корпораціями. У числі першочергових з'явилися й інші проблеми: статус Каспійського моря, можливі маршрути транспортування енергоносіїв, інвестиції в розробку нафтогазових ресурсів регіону і, звичайно ж, екологічна проблема Каспію.

До Прикаспійського регіону належать п'ять країн, розташованих по периметру Каспійського моря – Азербайджан, Росія, Казахстан, Іран і Туркменістан. Їх прийнято називати державами «басейну Каспійського моря». У дипломатичній практиці останнього десятиліття саме цей термін використовується для позначення країн регіону.

Проблема Каспію на сьогоднішній день дуже актуальна, але незалежно від того, як вирішиться питання про міжнародно-правовий статус Каспію і про розподіл нафтових ресурсів між прикаспійськими державами, Каспій залишається загальним екологічним об'єктом регіону. Криза в одній з його

частин виліється в загальну, нероздільну екологічну катастрофу, яка, в кінцевому рахунку, позначиться на особисті плани кожної держави і його перспективи розвитку.

Каспійське море – унікальна водойма, його вуглеводневі ресурси й біологічні багатства не мають аналогів в світі. Це найстаріший у світі нафтовидобувний басейн. Головним забруднювачем моря є нафта та нафтопродукти, тому актуальним є питання вивчення стану забруднення Каспійського моря нафтою та нафтопродуктами.

Метою роботи є аналіз стану забруднення Каспійського моря нафтопродуктами. Основним завданням роботи є визначення основних джерел надходження нафтопродуктів в Каспійське море та визначення шляхів вирішення екологічних проблем, що пов'язані із добутком нафти.

Об'єктом дослідження є Каспійське море. Предметом дослідження є стан забруднення Каспійського моря нафтопродуктами.

Методом дослідження є систематизація наявної інформації про рівень забруднення нафтопродуктами Каспійського моря та визначення джерел надходження нафтопродуктів в Каспійське море.

Результатом роботи є визначення сучасного рівня забруднення Каспійського моря нафтопродуктами.

Отримані результати можуть бути використані місцевими органами влади при прийнятті управлінських рішень, щодо охорони Каспійського моря, а також будуть використані в навчальному процесі ОДЕКУ.

Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків та списку літератури з 22 джерел. Загальний обсяг роботи складає 74 сторінки, у тому числі 6 таблиць та 7 рисунків.

*Ключові слова:* Каспійське море, нафта, нафтопродукти, джерела забруднення.

# 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КАСПІЙСЬКОГО МОРЯ

## 1.1 Географічне положення

Величезне, найбільше озеро Каспій розкинулося якраз між Європою і Азією. Протяжність його з півночі на південь – 1200 км, а максимальна глибина – 1025 м. Площа його становить 378 400 км<sup>2</sup>, воно витягнуто з півночі на південь на 1030 км при ширині 435 км, середня глибина 180 м [1].

Каспійське море розташоване у внутрішніх районах Євразії між 47°07' і 36°33' пн, 46°43' і 54°50' східної довготи і лежить на 28 м нижче рівня океану (рис. 1.1) [1, 2]. Море повністю ізольовано і на тисячі кілометрів віддалене від Світового океану.

З півночі і сходу море оточене низинною рівнинною напівпустелею і піднесеною пустелею. З півдня його оздоблює вузька прибережна низовина, за якої паралельно берегу тягнеться хребет Ельбурс, а з заходу до моря підступають хребти Великого Кавказу, на південь від Апшеронського півострова їх змінюють Куринська і Ленкоранська низовини.

За своїм географічним положенням, замкнутості і своєрідності вод Каспійське море відноситься до типу «море-озеро».

Каспій обрамлений різними геоморфологічними типами берегів, які добре узгоджуються з рельєфом дна моря (рис. 1.2). Головна характерна особливість рельєфу дна моря – велике мілководдя на півночі і глибокі розділені підводним порогами западини в центрі і на півдні [1, 3, 4].

Головна особливість Каспію – значні коливання його рівня, які є причиною перманентних природних лих та екологічних катастроф. Крім того, це область активної ендеодинаміки: інтенсивних сучасних рухів, руйнівних землетрусів, грязьового вулканізму і ін.



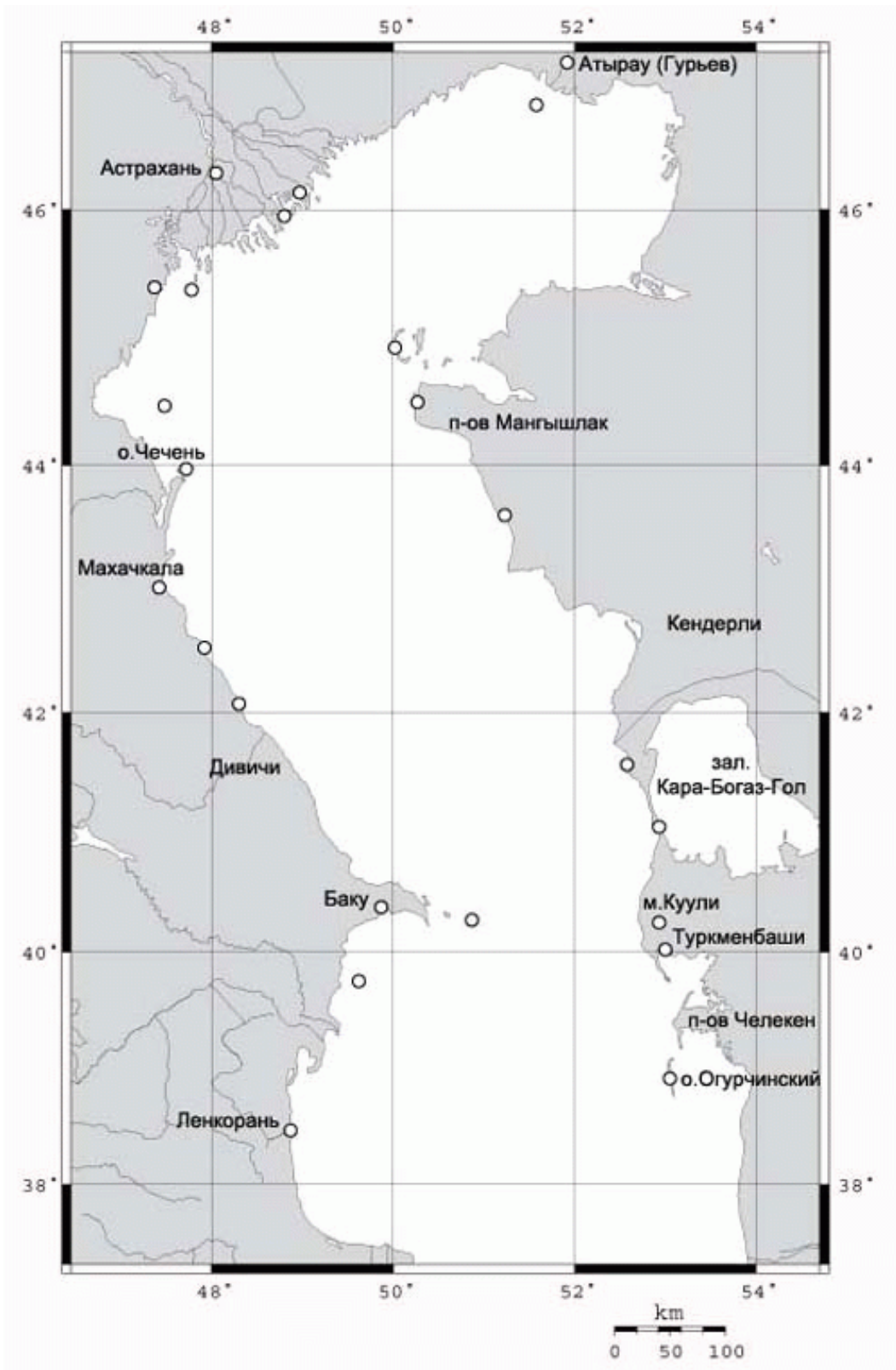


Рис. 1.1 – Географічне положення Каспійського моря [2].

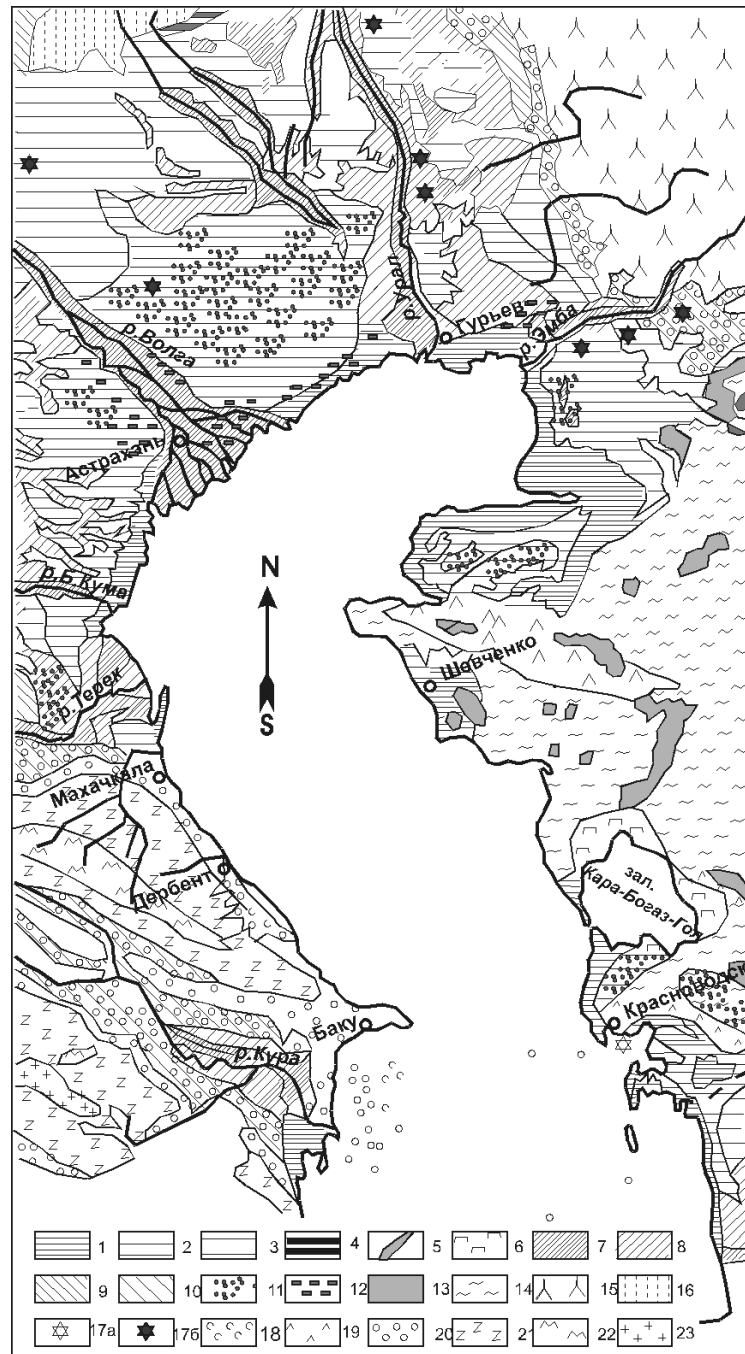


Рис. 1.2 – Геоморфологічна карта узбережжя Каспійського моря [1, 2].

Морський рельєф: 1 - новокаспійська; 2 - верхнехвалинська; 3 - нижнехвалинська; 4 - хазар рівнини; 5 - комплекс давнекаспійських морських терас; 6 - сучасна соляна рівнина Кара-Богаз-Гола. Флювіальні: 7 - заплави великих річок, сучасні дельти і розливи; 8 - Хвалинське; 9 - хозарські тераси, дельти і розливи; 10 - пролювіальні і флювіогляціальні давнекаспійські рівнини. Еоловий: 11 - еолові піски; 12 - беровські горби; 13 - безстічні западини. Денудаційні: 14 - аридно-денудаційні плато; 15 - ерозійно-денудаційні височини; 16 - той же, з покривом лесових відкладень; 17 - останцеві низькі гори (а - освічені препаріровкою інтрузії, б - пов'язані з соляною тектонікою); 18 - грязьові вулкани; 19 - аридно-денудаційні низькі гори, мезозоїди; 20 - аридно-денудаційні і ерозійно-денудаційні низькі гори, альпійські; 21 - ерозійно-денудаційні мезокайнозойські середні гори; 22 - високі гори з гляціальною обробкою; 23 - кайнозойські вулканічні нагір'я.

Каспійське море приймає води 130 річок з водозбірної площі, приблизно в 10 разів перевищує його власну (3,5 млн. км<sup>2</sup>). Рівень води визначається тільки водним балансом моря і можливими змінами обсягів його улоговини [1, 4].

Основні фізико-географічні характеристики моря, такі, як площа дзеркала, глибина, протяжність берегової лінії та ін., змінюються в залежності від рівня моря. Північна частина моря розташована в межах великої Прикаспійської низовини, що є в далекому минулому дном моря в період хвалинської і новокаспійської трансгресій, західне узбережжя примикає до гір Кавказу, а східний берег – до пустельних областей Середньої Азії. На півдні поблизу берега проходять гірські хребти Богровдаг і Ельбурс. Природні умови різних районів Каспійського узбережжя неоднакові, причому витягнутість басейну по меридіану і наявність поряд з низовинами високих гір в безпосередній близькості від моря обумовлюють значні контрасти клімату, ландшафту, геологічної будови, гідрологічного режиму [3].

За фізико-географічних і морфологічних особливостей дно Каспійського моря поділяється на три частини: Північну, Середню і Південну – і представляє величезну континентальну западину. Морфометричні характеристики моря представлені на рис. 1.2.

Північна частина моря по площі водної поверхні (90,1 тис. км<sup>2</sup>) і об'ємом вод найменша і найбільша мілководна. Її середня глибина 4,4 м. Кордон між північною і середньою частинами проходить по умовній лінії о. Чечень на заході і мис Тюб-Караган на сході. Морфологічно межа виділяється у вигляді своєрідного Мангишлакського порогу з глибинами в основному 10 – 15 м. Похилі і низькі береги Північного Каспію від дельти Старого Терека на заході до півострова Мангишлак на сході є частиною великої Прикаспійської низовини. Впадаючи в Північний Каспій річки Волга і Урал утворюють великі дельти, які поросли густим очеретом. Дельта Волги

займає всю північно-західну частину узбережжя, а дельта Уралу – решту північної ділянки [1].

Глибини до 100 м займають близько 62 % всієї площі моря, на цих глибинах розташовується 25,7 % обсягу всіх вод, причому більше 40 % з них на глибині менше 10 м розташовуються в Північному Каспії [1, 5].

Сучасна солоність Каспійського моря характеризується діапазоном величин від 0,2 – 0,3 до 13,0 – 13,5 ‰. Середня солоність моря в цілому за останні 50 – 60 років характеризується значеннями 12,82 – 12,86 ‰. Поле солоності відчуває просторово-часові зміни, але їх ступінь неоднакова в різних районах моря і від сезону до сезону. Взимку спостерігається загальне збільшення солоності з північного заходу на південний схід. На переважній частині просторів моря солоність дорівнює 12,8 – 13,0 ‰. Лише в районі Апшеронського порогу виділяється товщу вод з солоністю 12,6 ‰. Вона формується розпрісненими водами, рухомими з півночі на південь уздовж західного берега і приносяться з Південного Каспію в Середній по західній периферії антициклонального кругообігу. Солоність більше 13,0 ‰ спостерігається в південно-східній частині моря – районі, найменш схильному розпріснюючому впливу річок [1].

Загальна циркуляція вод Каспійського моря формується під впливом вітру, просторової нерівномірності поля щільності, сили Коріоліса, конфігурації берегів і рельєфу дна. У північній частині моря, крім того, мають значення річковий стік і коливання рівня. Сукупність цих факторів обумовлює складну картину течій, які утворюють загальну циклонічну циркуляцію вод (рис. 1.3). Вона відповідає середньобагаторічним гідрометеорологічним умовам над морем, може помітно змінюватися під впливом конкретної гідрометеорологічної обстановки та ускладнюється під впливом місцевих факторів [1, 6].



Рис. 1.3 – Течія на поверхні Каспійського моря [6].

На рис. 1.3 видно її основні особливості. Під впливом переважаючих вітрів північних румбів створюється дрейфовий потік вод з північної частини моря уздовж його західного берега на південь. Апшеронський півострів ділить цей потік на дві гілки. Одна з них (головна) огинає Апшерон і рухається на південь до іранських берегів, де повертає на схід, а поблизу шельфу східного берега – на північ, проникаючи в середню і північну частину моря. Інша гілка відхиляється Апшеронським півостровом на схід і у східних берегів з'єднується з водами, що йдуть на північ. У півострова Мангишлак ці води частково відхиляються на захід і замикають циклонний круговорот в Середньому Каспії, частково йдуть в північну частину моря. У

Південному Каспію, між Апшерон і гирлом Кури, утворюється місцева антициклональна циркуляція.

Швидкість і стійкість дрейфовий течій в середній і південній частинах моря змінюються в залежності від сили і тривалості вітру і неоднакові від місця до місця. Найбільш значні швидкості (до 80 см/с) відзначаються у західних берегах Середнього Каспію при сильних північних вітрах. При слабких і нестійких вітрах цих напрямків течії мають швидкість 5 – 10 см/с, а при помірних вітрах 30 – 40 см/с. У східних берегах відповідно до вітрами переважають течії зі швидкістю до 10 см/с, але спостерігаються потоки зі швидкостями до 30 см/с [4].

## 1.2 Рельєф берегів та дна

Береги Північного Каспію облямовані обсихаючою обмілиною, область глибин менше 2 – 3 м простягається від урізу води на відстань від 10 м до 70 км. На кордоні з Середнім Каспієм глибини не перевищують 23 – 25 м. Між дельтою р. Урал і Мангістауською затокою розташована велика впадина під назвою Уральська бороздіна з глибинами 5 – 8 м. Дно північної частини моря слабо нахилено на південь, вкрите піском і черепашником. Гирлові ділянки заповнені виносами річок, які утворюють безліч мілин, тому рельєф дна Північного Каспію складний. Відмінною рисою морфологічної будови берегової зони Каспію при наявності великої амплітуди коливання рівня моря є наявність реліктових форм берегів, русел і дельт річок, прив'язаних до рівнів води в період регресій. Особливо яскраво це проявляється в рельєфі Північного Каспію з численними реліктовими руслами [7, 8].

Островів на Каспійському морі небагато. Вони займають приблизно 2050 км<sup>2</sup>. Велика частина островів розташована на Північному Каспію (більше 1800 км<sup>2</sup>). З них найбільший – о. Чечень (122 км<sup>2</sup>), утворився, як і о. Тюленьчий (68 км<sup>2</sup>), за рахунок виходу мілководь при зниженні рівня моря в західній частині Північного Каспію [1].

В протилежній східній частині Північного Каспію розташований архіпелаг Тюленячий, де виділяються о. Кулалі (73 км<sup>2</sup>), о. Морський (65 км<sup>2</sup>) і багато дрібних островів. Безліч островів, що знаходяться в межах мілководного гирлового узмор'я Волги, з часом зіллються зі зростаючою за рахунок виносу річкових наносів дельтою р. Волги [1, 4].

Більшість морських островів Північного Каспію є акумулятивними утвореннями типу барів, утворених хвилями на периферійних ділянках підняття або структур морського дна [8].

Середній Каспій займає площу 140 тис. км<sup>2</sup>, середня глибина 192 м. У цій частині море має найменшу ширину – близько 200 км. Кордон між Середнім і Південним Каспієм проходить по умовній лінії знак Лебедячий Камінь – м. Куулі, майже збігається з 40-ю паралеллю [1].

Західні берега Середнього Каспію до м. Махачкала ниці. Далі на південь до м. Баку уздовж берегової лінії тягнуться відроги Кавказьких гір, в ряді місць підступають близько до моря. Між схилами гір і берегом тягнеться вузька рівнинна смуга. Береги моря переважно акумулятивні, лише на окремих ділянках узбережжя Дагестану і Апшерону – абразійні. З навколишніх гір стікає в море багато малих річок. На західному узбережжі розташовані великі дельти річок Терека, Сулака, Самура.

Характеристики великих річок Північного і Західного узбережжя наведені в табл. 1.1 [1].

Таблиця 1.1 – Характеристика дельт річок Північного і Західного узбережжя

| Річка | Площа дельти, км <sup>2</sup> | Стік води, км <sup>3</sup> /рік | Стік наносів, млн. т/рік |
|-------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Урал  | 500                           | 6,6                             | 2,7                      |
| Волга | 19200                         | 233                             | 6                        |
| Терек | 8900                          | 8,4                             | 11,9                     |
| Сулак | 70                            | 4,0                             | 1,6                      |
| Самур | 80                            | 1,63                            | 4,7                      |
| Кура  | 204                           | 15,5                            | 17,1                     |

Східний берег Середнього Каспію значно нижчий західного і позбавлений надходження річкових наносів. Від східного берега Середнього Каспію виступають далеко в море миси і коси, між якими вдаються в берег затоки. Найбільша затока Каспію – Кара-Богаз-Гол. На східному узбережжі переважають абразійні береги, які вироблені у вапняках, що складають прилеглі пустельні і напівпустельні плато.

В межах Середнього Каспію виділяють шельф, материковий схил і улоговину. У його північній частині глибини знаходяться в межах 15 – 25 м. На південь вони спочатку плавно, а потім, починаючи з ізобати 50 м, різко збільшуються, особливо в центральній частині, де лежить зрушена до західного берега глибока Дербентська западина з максимальною глибиною близько 790 м. Уздовж обох берегів тягнеться вузькою смугою область глибин менше 20 м і лише у Апшеронського півострова ізобата 20 м відходить від берега на відстань до 30 км. Береги середньої частини приглубні, особливо західний берег [1].

Південний Каспій має площу 148,5 тис. км<sup>2</sup> і займає западину, що відноситься до області альпійської складчастості зі складним рельєфом і найбільшими глибинами (максимальна – 1025 м, середня – 344 м). Рельєф дна і шельфової зони Південного Каспію ускладнений чисельними грязьовими вулканами і тектонічними підняттями [1, 4].

Береги Південного Каспію різноманітні. На заході від м Баку до м Алят уздовж берега тягнуться південно-східні відроги Кавказьких гір. Південніше їх змінює суха напівпустинна степ Куро-Араксинської низовини. У Ленкорані гори знову наближаються до берега і утворюють вузьку прибережну смужку між Талишським хребтом і морем. Уздовж західного берега від бухти Бакинської тягнеться майже на 130 км ланцюг островів Бакинського архіпелагу. Південний берег моря облямований високим гірським хребтом Ельбрус. Місцями гори близько підходять до моря, але здебільшого вони знаходяться на відстані 30 – 50 км. Вершина найвищої гори Демавенд досягає 5630 м. З гір Іранського узбережжя стікають в море



численні річки. Прибережна смуга і схили гір на південь від Ленкорані і майже всього Іранського узбережжя (крім крайнього південно-східного) покриті лісами і садами плодкових дерев: цитрусових, гранатів, хурми. Північні схили Ельбрусу місцями зарості важкодоступними субтропічними лісами [1, 4].

Східний берег Південного Каспію до півострова Челекен на півночі низинний, біля берега переважають піщані пустелі. На північ від розташовані дві затоки – Красноводська і Туркменській, які розділені півостровом Челекен. Недалеко від затоки розташовано декілька островів.

Довжина берегової лінії Іранського узбережжя від м. Астара до с. Гасан Голі близько 620 км. Ширина рівнинній частині узбережжя коливається від 1 км в центральній частині до 50 – 60 км в районах великих дельт річок Сефідруд і Горган. Прибережна рівнина в адміністративному відношенні в західній частині називається Гіланською (від Астара до Чабоксару), а в східній – Мазандеранською (від Рамсарі до Гасан Голі).

На узбережжі Ірану можна виділити зони передгір'їв і плейстоценових терас і древніх кліфів, низовин, берегових валів [3] і підводний береговий схил. Згідно картографічних даних, ухили підводного берегового схилу (до глибини моря 100 м) змінюються від 0,0005 в районах Хаштпара і Горган, до 0,01 – в центральній частині узбережжя. У береговій зоні підводного схилу до глибини 10 м ухили змінюються в межах 0,01 – 0,0007, а в пляжній зоні від 0,06 до 0,004 [1].

Сучасна берегова лінія в межах Іранського узбережжя Каспію дуже проста, малоізрізана, рідко порушується затоками і гирлами річок. Найбільша дельта на Іранському узбережжі Каспію – це дельта р. Сефідруд (нова і стара), менші за розмірами – дельти висування малих річок Карганруд і Полруд на Гіланській, Чалус, Чешмекіле і Горганруд на Мазандеранській ділянках узбережжя. Лагуна Ензелі і затока Горган відокремлені від моря піщаними пересипами [1, 4].

У Каспійське море з Іранського узбережжя впадає понад 40 малих річок. Майже всі річки починаються на північному схилі хребта Ельбрус. Верхів'я річок розташовані в гірських районах з рідкісним рослинним покривом, нижче річки протікають через заліснені території (лісами покрито зазвичай близько 50 – 55 % площі водозборів) і, нарешті, через прибережну акумулятивну рівнину – впадають в море. Сумарна площа водозборів річок Іранського узбережжя становить близько 163,5 тис. км<sup>2</sup>. Частина річок Ірану, перш ніж потрапити в море, перетинає територію Туркменії і Азербайджану. Найбільша річка – Сефідруд, утворюється від злиття річок Шахруд і Гезедузан у м. Манджу. Довжина річки сягає 800 км. Майже на всіх великих річках побудовані водосховища, тому їх рідкий і твердий стік за останні 50 років суттєво скоротився [1, 4].

Сумарний середній річний стік річок Ірану в море становить 10,4 км<sup>3</sup>, при природному припливі 16,6 км<sup>3</sup> [1].

За складом наносів, що складають пляжну частину берегової зони, можна виділити три типи узбережжя: гравійно-гальковий (західний Мазандеран), піщаний (узбережжя Гіла і центрального Мазандерана), піщано-алевритового (східний Мазандеран). Вузька прибережна смуга підводного берегового схилу до ізобат 15 – 20 м складена піском, що змінюються глибше великим алевритом і пелітом.

Велика частина прибережної рівнини інтенсивно використовується сільським господарством і зайнята плантаціями рису, чаю, численними гаями шовковиці, посадками садових культур, тому вологі широколистяні ліси в основному збереглися тільки на гірських схилах.

### 1.2.1 Структурно-морфологічні особливості рельєфу дна

На рис. 1.4 представлені обриси стародавніх дельт Волги, Кури, Амудар'ї і інших річок басейну [1].

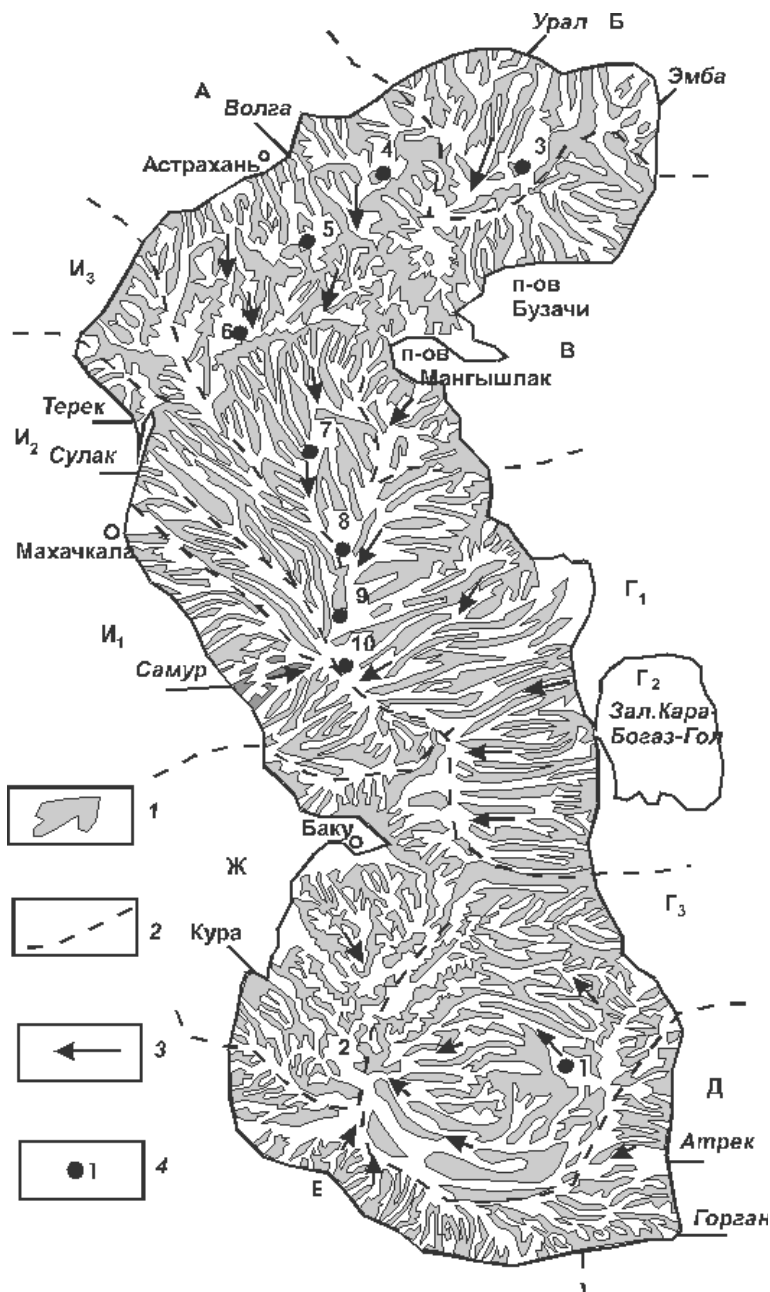


Рис. 1.4 – Структурно-морфологічна будова дельт на пліоцен-плейстоценової поверхні дна Каспійського моря.

1 - структуроутворюючі опуклі форми (лопаті дельт); 2 - кордон дельтових систем; 3 - напрямок лопатей дельт; 4 - прогнозовані родовища. Дельтові системи (в дужках дана їх площа у % від всього дна): А - Волзька (18,7), Б - Уральська (5,6), В - Сірдарінська (7,1), Г - Амударинська (36), (Г1 - Устюртська (10,5), Г2 - Узбойська (18,8)), Д - Горган-Атрекська (2,8), Е - Ельбрусська (Іранська) (5,9), Ж - Куринська (10,3), І - Кавказька (13,6) (І1 - Самурська (5,4), І2 - Терек-Сулакська (6,3), І3 - Кумська (1,9)).

Для кожного басейну, що належить різним державам, виділяються кордони стародавніх дельт і тих седиментаційних зон, які утворені за участю річки і прилеглих територій.

Складна будова чаші моря визначає і складний геодинамічний механізм сучасних рухів земної кори. Геолого-геоморфологічні та геофізичні дослідження останніх років показали, що основні геодинамічні процеси пов'язані з горизонтальними рухами в зоні подвигу на стику зчленування Скифо-Туранської плити і альпійської системи Кавказ-Копетдаг. Вертикальні переміщення є наслідком горизонтальних переміщень. Тривалі спостереження показали, що має місце пульсаційний режим розтягнень – стиснень. При наявності пульсації ці рухи різні в окремих районах чаші, знакозмінні, вони мають невеликі швидкості до 1 см/рік. У другій половині минулого століття відзначалося підняття в районах Східного Кавказу, Краснодарського плато, на півдні середньокаспійського узбережжя і опускання на Північному Каспії.

### 1.3 Основні кліматичні особливості

Каспійське море розташовується в межах різних кліматичних зон і піддається впливу різних баричних центрів і систем атмосферної циркуляції. На місцеві особливості клімату значний вплив робить складна орографія західного і південного узбережжя моря. Велика частина Каспійського моря розташована в помірному кліматичному поясі. Континентальність клімату вище в північних і східних частинах Каспію в порівнянні із західними і південними його частинами, де більше виражені морські риси клімату.

Північний Каспій і його узбережжя розташовуються в смузі континентального помірного клімату. Зима тут морозна, малосніжна, літо – спекотне та сухе. На східному узбережжі Середнього Каспію, до району затоки Кара-Богаз-Гол клімат суворий, пустельного типу, з дуже незначною кількістю опадів. Клімат південно-східного узбережжя, на південь від Кара-Богаз-Гола, також посушливий, але менш суворий.

На узбережжі Дагестану клімат помірно теплий, хоча і тут зустрічаються ділянки з досить високою континентальністю клімату. У

низинних районах, розташованих на північ і північний захід від Махачкали клімат сухий, з жарким літом і холодною зимою.

В межах Азербайджану в прибережній зоні Середнього Каспію з північного заходу на південний схід посушливість клімату поступово збільшується, температура повітря стає вищою. На півострові Апшерон зима тепла, порівняно волога, літо зазвичай сухе і спекотне. На акваторії Середнього Каспію атмосферні опади розподілені нерівномірно. Уздовж східних берегів випадає в середньому від 75 до 150 мм, уздовж західних берегів – від 200 до 400 мм/рік на півночі, до 1200 мм на півдні за винятком мористої частини узбережжя Апшерону, де випадає лише 70 – 110 мм/рік. Приблизно 70 % опадів випадає восени і взимку, на літні місяці припадає всього лише 7 – 10 % річної норми опадів. Велика сухість і висока температура характерні для узбережжя південно-західній частині Каспію, від Баку до гирла Кури. Середньомісячна температура січня і лютого змінюється від 3 °С на північному сході до 3 – 4 °С на південному заході. Морози спостерігаються з січня по лютий. Середньомісячна температура повітря найтепліших місяців (липень і серпень) в середній частині Каспію 24 – 26 °С [1, 4, 9].

Істотно відрізняється в кліматичному відношенні ленкоранська субтропічна область. Зима тут м'яка і волога, з високою температурою повітря, навіть мінімальні її значення вкрай рідко опускаються нижче нуля. Ще м'якше субтропічний клімат Іранського узбережжя моря, з дуже високою вологістю майже протягом усього року, оскільки тут випадає дуже багато опадів [6].

Взимку атмосферні процеси часто призводять до утворення місцевих фронтів і розвитку циклонічної циркуляції над різними частинами моря, іноді до моря прориваються південні, середземноморські циклони. Навесні вони зазвичай є причиною танення снігу і льоду. На південь циркуляція атмосферних потоків слабшає.

Напрямок та швидкість вітрів над Каспійським морем визначається загальною циркуляцією атмосфери, полями тиску і температури повітря. На зміну напрямку і швидкості вітру, перенесення тепла і вологи впливає рельєф узбережжя.

Загалом над морем спостерігається переважання вітрів північних, північно-західних, західних, північно-східних (41 %) і південно-східних (35 %) напрямків, причому останні відзначаються найбільшою стійкістю.

Залежно від перенесення повітряних мас над Каспійським морем і особливостей розвитку синоптичних процесів над навколишньою територією виділено п'ять основних типів вітрових полів: тип I – північно-західний; тип II – північно-західний; тип III – східно-північно-східний; тип IV – південно-східний; тип V – вихровий [6]. За характером розподілу швидкостей вітру кожен з основних типів поділені, в свою чергу, на підтипи (слабкі, помірні, сильні, штормові вітри).

З усіх типів вітрових полів найбільш стійкий IV і найменш стійкий V. Середня безперервна тривалість збереження південно-східного перенесення над Каспійським морем – 55 годин, північно-західного – близько півтори доби, а типу V – близько 0,5 доби. Середня тривалість сильних і штормових вітрів ( $V > 10$  м/с), приблизно в два рази менше. Сильні шторми з ( $V \geq 25$  м/с) можуть бути над Каспійським морем тільки трьох типів: північно-західні (I), північно-північно-східні (II) і південно-східні (IV-A). Шторми такої сили, що охоплюють значну частину акваторії моря, встановлюються досить рідко, в середньому один раз в декілька років. При цьому швидкість вітру в деяких районах може досягати 30 м/с і більше [6].

При північно-східних вітрах штормова діяльність найбільшої сили досягає в районі півострова Апшеронський, у всіх напрямках від якого її інтенсивність зменшується. При північно-північно-східних вітрах також має місце збільшення швидкості вітру в напрямку перенесення до півострова Апшеронський, а на південь і схід від нього швидкість убуває. Для південно-східних штормів характерно загальне збільшення швидкості вітру в напрямку

перенесення повітряних мас з максимумом в Махачкалі (Махачкалінський південний схід) і в північно-західній частині моря (тип IV-A).

Типи розподілу вітрів I, II і III є різними різновидами полів вітру північних румбів. В цілому в середньому за рік ймовірність встановлення над морем таких вітрових полів становить 41 % (табл. 1.2); влітку ймовірність їх встановлення дещо більше (48,7 %), ніж в інші сезони року (взимку 38 %). Майже половина з них припадає на вітри північно-західній чверті (19,56 %). Тип IV-A над Каспійським морем зустрічаються найбільш часто. Середня річна його повторюваність складає 21 % (взимку – до 19 %, навесні – до 25 %). Тип IV-B (що відрізняється від типу IV-A лише за характером розподілу швидкостей) має середню річну повторюваність близько 15 % [6].

Таблиця 1.2 – Повторюваність (%) основних типів вітрових потоків над Каспійським морем за минулими сезонами [6]

| Тип (напрямок) вітрового потоку | Зима | Весна | Літо | Осінь | Рік  |
|---------------------------------|------|-------|------|-------|------|
| I                               | 16,6 | 19,4  | 24,8 | 16,9  | 19,5 |
| II                              | 10,4 | 10,0  | 16,9 | 11,2  | 12,2 |
| III                             | 11,6 | 8,4   | 7,0  | 9,5   | 9,3  |
| IV-A                            | 18,7 | 24,8  | 19,3 | 22,7  | 21,0 |
| IV-B                            | 22,6 | 13,2  | 6,6  | 17,5  | 14,9 |
| V                               | 6,8  | 4,3   | 1,0  | 3,4   | 3,9  |
| Слабкий вітер / < 5 м/с /       | 13,3 | 19,9  | 24,4 | 18,8  | 19,2 |

Найчастіше на Каспійському морі спостерігаються вітрові поля північно-західного і південно-східного напрямку зі швидкістю 5 – 9 м/с, ймовірність їх встановлення в середньому дорівнює 10 – 12 %, причому помірні північно-західні і південно-східні вітри влітку частіше, ніж в інші пори року. Сильні вітри перерахованих типів мають повторюваність штормів ( $V \geq 25$  м/с) типів I і II – становить 0,04 %, а типу IV – в два рази частіше [1].

Напрямки вітрів по районах Каспійського моря розрізняються. У західній частині Середнього Каспію, до берегів якого близько підступають відроги Кавказьких гір, в усі сезони року панують північно-західні і південно-східні вітри. На східному узбережжі і в південному Каспії чітко виражена мусонів в вітровому режимі: влітку переважають вітри, що дмуть з моря в бік суші, а взимку – суші на море, зокрема, на східному узбережжі моря в холодне півріччя домінують вітри східні і південно-східні, а в тепле – західні і північно-західні. Бризова циркуляція на Каспії найбільш чітко проявляється в тепле півріччя на тих ділянках узбережжя, де температурні відмінності між морем і сушею виражені досить добре (все узбережжя Південного Каспію, східне узбережжя Середнього Каспію і невелика ділянка західного узбережжя Середнього Каспію).

Орографія західних берегів моря значно впливає не тільки на напрямок, але і на характер швидкостей вітру над морем, особливо під час проходження штормів. Якщо вторгнення холодних повітряних мас здійснюється з північного заходу або північного сходу, то швидкості вітру уздовж західного узбережжя Середнього Каспію можуть досягати максимальних значень. Орографічний ефект при північно-західних штормах чітко проявляється на широтах  $43 - 40^\circ$  на відстані (з півночі на південь) від 50 до 150 км від західного берега моря [1, 4].

Найбільше число днів з вітром більше 15 м/с – 60 – 80 днів – доводиться на півострів Апшеронський, де проявляється своєрідний аеродинамічний ефект посилення північно-західних вітрів. Найменш схильні до дії сильних і штормових вітрів південно-західне і південно-східне узбережжя моря, де число днів з таким вітром не більше 20 – 30. У Північному Каспії і на східному березі Середнього Каспію їх в році 30 – 40. Протягом року число днів з сильним вітром розподілено нерівномірно. У північній частині моря сильні вітри частіше навесні, рідше – влітку; на східному узбережжі Середнього Каспію максимум днів доводиться на зиму, а на південно-східному узбережжі, навпаки – на літо або кінець весни. В



районі півострова Апшеронський два максимуму – взимку і в середині літа [1, 4].

Середньорічна швидкість вітру досягає максимальних значень в районі півострова Апшеронський – 6,2 – 8,0 м/с. Трохи менш схильний до штормовий діяльності район Махачкали, де середня швидкість вітру на узбережжі дорівнює 5,7 – 6,0 м/с. На всьому східному узбережжі Середнього Каспію режим швидкості вітру приблизно однаковий, середньорічна швидкість порядку 5,0 – 6,3 м/с, з максимумом в районах форту Шевченко і Кара-Богаз-Гола. У Південному Каспії, де сильні вітри спостерігаються рідко, середньорічна швидкість вітру в основному дорівнює 3,0 – 4,5 м/с, повторюваність слабких вітрів тут перевищує 90 % [6].

Річний радіаційний баланс, рівний різниці між поглинається поверхнею моря сонячним теплом і теплом ефективного випромінювання, позитивний і для акваторії моря дорівнює в середньому 60 ккал/см<sup>2</sup>. У районі Північного Каспію він знижується до 50 ккал/см<sup>2</sup>, в Середньому і Південному Каспії досягає 65 ккал/см<sup>2</sup>. Частина радіаційного тепла (54 ккал/см<sup>2</sup>) витрачається на випаровування і на конвективний теплообмін з атмосферою [1].

Радіаційний баланс моря є позитивним з березня по жовтень і має максимум в червні і липні (11 – 12 ккал/см<sup>2</sup> на місяць). Негативний баланс в грудні змінюється від – 2 ккал/см<sup>2</sup> на півночі моря до – 1 ккал/см<sup>2</sup> на півдні.

Середня річна температура повітря в північній частині моря 8 – 10°, в середній 11 – 14°, в південній 15 – 17°. Для всього моря вона дорівнює в середньому 13,1°. Різниця середньорічних температур повітря між північною і південною частинами моря становить 7°. Перехід середньої температури повітря до позитивних значень в північних районах відбувається в другій половині березня – початку квітня. Середня температура в квітні в Північному Каспії 8 – 9°, в Середньому Каспії 10 – 11°, в Південному 11 – 14° [1].

У літню пору температурні контрасти між північними і південними частинами згладжені, середня температура повітря над всією акваторією в

липні-серпні знаходиться в межах 24 – 26°. Повітряні маси над морем прогріваються починаючи з вересня і до березня. Найбільший ефект досягається в грудні – січні. У цей час над морем виникають атмосферні фронти, можуть утворитися «каспійські» циклони [1, 4].

З квітня по серпень море надає на повітряні маси охолоджуючий вплив.

Вплив моря на температуру повітря в межах східного Прикаспію поширюється на 250 – 300 км, на північне узбережжя до 500 км взимку і до 200 км влітку [1, 4].

Каспійське море є величезним джерелом тепла і вологи для повітряних мас проходять над його поверхнею і прилеглої навколишньої території. Насиченість повітря водяною парою (відносна вологість) протягом року близька до граничної і становить 80 – 85 %. Середньорічний вологовміст атмосфери над Каспійським морем становить 34 мм: 15 – 25 мм на півночі і 25 – 30 мм на півдні [1, 4].

Море впливає на збільшення вмісту вологи на сотні кілометрів від узбережжя. Основний потік вологи зазвичай йде в північно-західному і південно-східному напрямках в нижньому трикілометровому шарі атмосфери. Вплив моря на навколишню територію змінюється в залежності від напрямку переважаючого перенесення вологи в даний сезон в заданому районі. Але в цілому до 70 % випарувалася з моря вологи виноситься на схід, за винятком району затоки Кара-Богаз-Гол, де випарувалися 8 – 10 мм води за рік в основному переносяться на південно-західну частину моря.

Атмосферні опади, що випадають на поверхню Каспійського моря, розподілені досить нерівномірно. У відкритому морі в середньому випадає близько 200 мм опадів. На західному узбережжі – опадів 300 – 400 мм/рік, в південно-західній частині моря – до 1700 мм. Найбільш посушливе східне узбережжя, де середня річна кількість опадів не перевищує 100 мм. У північній частині моря опади протягом року випадають рівномірно. В інших районах, за винятком західного узбережжя, найбільше опадів випадає в

зимові і весняні місяці, а найменше – в літні. На західному узбережжі, в основному в передгірних районах, рясні опади випадають восени [1].

Сума атмосферних опадів, що випадають на водне дзеркало Каспійського моря, і величина випаровування з нього рівні приблизно 180 і 910 мм/рік. Море віддає в атмосферу в середньому за рік в 5 разів більше вологи, ніж від неї отримує (в східній частині Середнього Каспію – навіть в 13 разів). Виняток становить лише крайня південно-західна частина моря, де середньорічна сума атмосферних опадів порівнянна з величиною випаровування [1].

Вологообмін в системі море – атмосфера відбивається за співвідношенням між опадами і випаровуванням, наведеними в табл. 1.3. Найбільша кількість опадів випадає в період з жовтня по березень, а найбільше випаровування спостерігається в теплий період року, так що найбільше видиме випаровування спостерігається в серпні – вересні [1].

Таблиця 1.3 – Опади і випаровування на Каспійському морі (мм)

| Характеристика/<br>місяць | I   | II  | III | IV  | V   | VI | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Осадки(X)                 | 20  | 13  | 14  | 13  | 11  | 9  | 7   | 10   | 15  | 26  | 23  | 19  | 180 |
| Випаровування(Z)          | 40  | 32  | 34  | 43  | 67  | 90 | 112 | 121  | 138 | 109 | 67  | 57  | 910 |
| Випаровування<br>осадки   | 20  | 19  | 20  | 30  | 56  | 81 | 105 | 111  | 123 | 83  | 44  | 38  | 730 |
| Z / X                     | 2,0 | 2,5 | 2,4 | 3,3 | 6,1 | 10 | 16  | 12,1 | 8,2 | 4,2 | 2,9 | 3,0 | 5,0 |

У Північному Каспії, при рівнинному характері прилеглої суші, атмосферні опади розподілені відносно рівномірно. Середня річна кількість становить 160 – 200 мм. Взимку температурне поле над Північним Каспієм з його континентальним кліматом помірних широт всюди негативно. Морози бувають з жовтня до початку квітня, Лід спостерігається в листопаді – березні. Середньомісячна температура повітря на узбережжі найбільш холодних місяців (січня – лютого) дорівнює -7 – -11 °С. Середньомісячна

температура повітря найтепліших місяців (липня і серпня) в північній частині Каспію + 22 – 26 °С [1, 4, 5].

У Південному Каспії атмосферні опади розподілені дуже нерівномірно – від 100 мм на північному сході до 2000 мм на південному заході – (районі найбільшої кількості опадів на Каспійському морі). Середня температура січня коливається тут від 3 °С в північно-східній частині до 8 – 12 °С в південній. Сніг і морози рідкісні. Середньомісячна температура повітря найтепліших місяців (липня і серпня) в південній частині моря 25 – 27 °С [1, 4].

Іранське узбережжя розташовано в зоні вологого субтропічного клімату, за винятком більш посушливої східної частини Іранської рівнини. Річна кількість атмосферних опадів змінюється від 2000 мм у Ензелі до 200 – 300 мм на крайньому східному узбережжі. Середній річний шар опадів і зволоження зменшуються з заходу на схід, а середня річна температура, навпаки, наростає. Орографічні умови південного узбережжя Каспію, акумуляція тепла в водах південно-каспійської западини і відповідний тип атмосферної циркуляції обумовлюють тут вологий субтропічний клімат.

## 2 НАФТА ТА НАФТОПРОДУКТИ ЯК ЗАБРУДНЮВАЧІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

### 2.1 Загальна характеристика властивостей нафти та нафтопродуктів

Нафта – це горюча рідка корисна копалина, складна суміш, головним чином складається з вуглеводів, з домішкою органічних сірчистих, азотних та смолистих речовин. Нафта являє собою маслянисту рідину червоно-коричневого, іноді майже чорного кольору; зустрічається слабозафарбована у жовто-зелений колір та іноді зовсім безкольорова нафта. Нафта – суміш рідких вуглеводнів, атоми вуглецю яких складають основу складних молекул, з'єднаних з воднем і між собою у ланцюгові, кільцеві, гіллясті та інші форми (парафінові, нафтеніві і ароматичні), у якій розчинені газоподібні і тверді вуглеводні. У невеликих кількостях містить сірчисті та азотисті з'єднання, органічні кислоти і деякі інші хімічні сполуки [10].

Нафта – це пальна масляниста рідина зі специфічним запахом, розповсюджена в осадовій оболонці Землі і яка є найважливішою корисною копалиною [11].

Склад і властивості нафти залежать від родовища і можуть мати різні складові. У нафті утримується 82 – 87 % вуглецю, 10 – 14 % водню і до 0,5 – 5,0 % (сумарно) інших елементів (сірка кисень і азот). Нафта може мати густину від 0,65 до 1,05 кг/см<sup>3</sup>, температуру застигання від плюс 26 до мінус 60 °С, температуру спалаху – нижче 0 °С, температуру самозаймання – вище 500 °С і теплоту згоряння 43,7 – 46,2 МДж/кг [11].

Нафта, що добувається на промислах, містить розчинені гази, механічні домішки у виді піску і глини (до 1,5 %), воду (до 50 % і більш), солі (від 0,0001 до 10 г/дм<sup>3</sup>). У нафту можуть попадати компоненти технологічних засобів, які застосовуються для збільшення нафтовіддачі шарів, запобігання корозії устаткування, відкладення парафінів і солей, поразки нафти

мікроорганізмами та ін. Для забезпечення необхідної якості нафти для її подальшого транспортування і переробки на промислах проводиться її підготовка (стабілізація, зневоднювання, знесолення та ін.). Якість нафти для нафтопереробних підприємств повинна відповідати вимогам стандартів і технічних умов, що обумовлюються у контрактах на поставку продукції [11].

У залежності від масової частки сірки, нафти підрозділяються на три класи [11, 12]:

- 1 – малосірчисті (до 0,60 %);
- 2 – сірчисті (від 0,61 до 1,80 %);
- 3 – багатосірчасті (більш 1,80 %).

У залежності від густини при 20 °С, кожен клас нафти підрозділяється на три типи [11, 12]:

- 1 – легкі (до 850 кг/м<sup>3</sup>);
- 2 – середні (від 851 до 885 кг/м<sup>3</sup>);
- 3 – важкі (більш 885 кг/м<sup>3</sup>).

Груповий склад визначається вуглеводнями, які входять до складу нафти, основними з яких є: парафінові (насичені, граничні, алкани) із загальною структурною формулою  $C_nH_{2n+2}$ ; нафтеніві (поліметиленові, циклани) із загальною структурною формулою  $C_nH_{2n}$  і ароматичні (бензолні, ацени) із загальною структурною формулою  $C_nH_{2n-6}$ .

Властивості вуглеводнів кожної групи визначаються структурою молекул та їх молярною масою. З ростом молярної маси збільшуються густина, в'язкість, температура плавлення і кипіння вуглеводнів.

До складу нафти входять насичені вуглеводні (парафіни), ароматичні вуглеводні, нафтени, а також органічні сполуки, що містять азот, кисень, сірку, деякі метали (залізо, ванадій, кобальт, мідь тощо). Залежно від геологічних і геохімічних особливостей родовищ нафти відносний вміст у ній вуглеводнів, сірчистих сполук і нафтових смол неоднаковий. Найпростішими природними сумішами вуглеводнів є нафтові гази, у складі яких переважають газоподібні парафіни (метан, етан, пропан, бутани –

нормальний та ізобутан). Природна нафта – густа масляниста флуоресціююча рідина, кольору від темно-бурого до чорного.

За складом нафта – складна суміш вуглеводнів різної молекулярної маси, головним чином рідких (в них розчинені тверді і газоподібні вуглеводні). Звичайно ці вуглеводні парафінові, ароматичні, циклоалкани, співвідношення яких в нафті різних родовищ змінюється в широких межах. Крім вуглеводнів, нафта містить киснев-, сульфур- і нітрогеновмісні органічні сполуки.

Залежно від переважного вмісту вуглеводнів того чи іншого класу в нафтовій фракції з температурою кипіння 250 – 300 °С розрізняють такі основні види нафти [11]:

- 1) метанова нафта, яка складається переважно з нерозгалужених алканів;
- 2) нафтенова нафта, яка складається в основному з циклічних неароматичних вуглеводнів – циклоалканів, або нафтенів;
- 3) змішана нафта, яка включає суміш алканів, нафтенів і ароматичних вуглеводнів. Змішана нафта зустрічається найчастіше.

Усі види нафти мають домішки нітроген- і сульфурвмісних органічних сполук [4].

Також існує класифікація нафти, в основу якої покладено такі ознаки:

- щільність;
- груповий склад фракцій, що википають при температурі до 250 – 300 °С;
- технологічна класифікація за потенційним вмістом основних компонентів.

Щільність нафти, як уже вказувалося, перебуває в межах 780 – 1040 кг/м<sup>3</sup>. Нафту щільністю нижче 900 кг/м<sup>3</sup> називають легкою, вище 900 кг/м<sup>3</sup> – важкою. У важкій нафті містяться в основному циклічні вуглеводні [11, 12].

Колір нафти залежить від її щільності: світлі нафти мають меншу щільність, чим темні. А чим більше в нафті смол і асфальтенів, тим вище її щільність.

Речовини, що входять до складу нафти, залежно від хімічної структури і розмірів молекул, характеризуються різною температурою кипіння, в залежності від якої вони поділяються на фракції-групи речовин, що википають із суміші при визначених температурах.

В основу хімічної класифікації нафти покладений груповий склад фракцій. Нафту відносять до класу парафінових, нафтових або ароматичних, якщо в ній має перевагу відповідний ряд вуглеводнів [6].

Згідно міжнародного стандарту ISO 8681, усі нафтопродукти класифікують на п'ять основних класів по буквеним індексам (табл. 2.1) [13].

Таблиця 2.1 – Класифікація нафтопродуктів згідно ISO 8681 [13]

| Клас | Продукт   |
|------|---|
| F    | Палива  |
| L    | Змащувальні матеріали, індустриальні масла і родинні продукти |
| W    | Парафіни  |
| B    | Бітуми  |
| S    | Розчинники та сировина для хімічної промисловості             |

## 2.2 Вплив нафти та нафтопродуктів на стан морського середовища

Потрапляючи у морське середовище, нафта спочатку розтікається у вигляді поверхневої плівки, утворюючи "плями" різної потужності. По кольору плівки можна приблизно оцінити її товщину (табл. 2.2). Нафтова плівка змінює інтенсивність і спектральний склад проникаючого у водну товщу світла. Пропускання світла тонкими плівками сирої нафти складає від 1 – 10 % (280 нм) до 60 – 70 % (400 нм). Плівка нафти товщиною 30 – 40 мкм повністю поглинає інфрачервоне випромінювання. Характерною особливістю нафт є їх флуоресценція при ультрафіолетовому



випромінюванні. Максимальна інтенсивність флуоресценції спостерігаються в інтервалі хвиль 440 – 483 нм [14].

Таблиця 2.2 – Характеристика нафтових плівок на воді [14]

| Зовнішній вигляд          | Кількість нафти, л/км <sup>2</sup> | Товщина, мкм |
|---------------------------|------------------------------------|--------------|
| Ледве помітна             | 44                                 | 0,038        |
| Сріблястий відблиск       | 88                                 | 0,076        |
| Сліди забарвлення         | 176                                | 0,152        |
| Яскраво-фарбовані розводи | 352                                | 0,305        |
| Тьмяно-фарбовані          | 1170                               | 1,016        |
| Темно-фарбовані           | 2340                               | 2,032        |

Різниця оптичних характеристик нафтових плівок і морської води дозволяє проводити дистанційне виявлення і оцінку нафтових забруднень на поверхні моря в ультрафіолетовій, видимій і інфрачервоній частинах спектра. Для цього застосовується пасивні і активні методи. Пасивні методи використовують природне випромінювання, що відбите або випромінене системою нафта – вода. Ефективність використання цих методів залежить від випромінювальних і відбиваючих характеристик поверхні, температури, параметрів атмосфери, спектрального діапазону спостережень, кута візування і поляризації. Енергія сонячного ультрафіолетового випромінювання, що падає на поверхню моря, лежить в області 280 – 400 нм. В ній оптичні властивості води і нафти суттєво відрізняються: коефіцієнт відбивання чистої води складає 1,5 %, сирої нафти – 5 – 6 %, дизельного пального – 2 – 3 %. Для виявлення нафтових плівок у цьому діапазоні використовуються спектральні скануючі системи, відеосистеми, апаратура з відповідною оптикою і фільтрами. Проте до недоліків спостережень у видимому спектральному діапазоні відноситься сильний вплив метеоумов і спектральних особливостей атмосфери, а також складність інтерпретації даних спостережень [14].

Активні методи дистанційного виявлення (дуже перспективні) передбачають використання штучного джерела випромінювання. До них відносяться методи оптичної локації, що базуються на різниці коефіцієнтів відбивання від забрудненої і чистої поверхні (як правило діапазон 300 – 400 і 1000 – 1200 нм), і методи, що

базуються на вимірюванні флуоресценції плівок нафти за допомогою радарів в робочих довжинах хвиль 337, 354 і 530 нм [14].

Швидкість переміщення нафтових плям складає 60 % швидкості течії і 2 – 4 % швидкості вітру, причому нафта рухається у напрямку вітру. Нафтова плівка повністю знищує капілярні хвилі, придушує дрібні гравітаційні хвилі і у два - три рази зменшує параметр шорсткості водної поверхні [15].

На початку існування нафтових "плям" велике значення має процес випаровування вуглеводнів (за 12 годин випаровується до 25 % легких фракцій нафти).

Всім вуглеводням притаманна слабка розчинність у воді. Вона зменшується із збільшенням числа атомів вуглецю у молекулі. В одному літрі дистильованої води розчиняється біля 10 мг сполук із  $C_6$ , 1 мг – із  $C_8$  і 0,01 мг сполук із  $C_{12}$ . Наприклад, при середній температурі морської води розчинність бензолу складає 820 мкг/л, толуолу – 470, пентану – 360, гексану – 138, гептану – 52 мкг/л. Розчинні компоненти, вміст яких у сирій нафті не перевищує 0,01 %, найбільш токсичні для водних організмів. До них також відносяться і речовини типу бенз(а)пірену [14].

Змішуючись з водою, нафта утворює емульсії двох типів: прямі "нафта у воді" і зворотні "вода у нафті". Прямі емульсії, що складені краплинами нафти діаметром до 0,5 мкм, менш стійкі і особливо характерні для нафт, що містять ПАР (поверхнево-активні речовини). Після вилучення летких і розчинених фракцій залишкова нафта частіше утворює в'язкі зворотні емульсії, які стабілізуються високомолекулярними сполуками типу смол та асфальтогенів і містять 50 – 70 % води ("шоколадний мус"). Під впливом абіотичних процесів в'язкість "мусу" підвищується і починається його злипання в агрегати – нафтові грудочки розмірами від 1 мм до 10 см (частіше 1 – 20 мм). Агрегати – це суміш високомолекулярних вуглеводнів, смол і асфальтогенів. Втрати нафти на формування агрегатів складають 5 – 10 %. Високов'язкі структуровані утворення – "шоколадний мус" і нафтові

грудочки можуть довгий час зберігатися на поверхні моря, переноситися течіями, викидатися на берег і осідати на дно [16].

Негативний вплив нафтових вуглеводнів пояснюється їх ліофільною природою, завдяки якій вони легко проникають через ліпопротеїдні клітинні бар'єри водоростей, викликаючи набухання ліпідного шару, розрив клітинної оболонки, порушення метаболізму і морфології клітин.

Характерною рисою реагування водоростей на присутність нафтопродуктів є стимуляція фотосинтезу при низьких концентраціях токсичних речовин або його інгібування при збільшенні концентрації. Стимулюючий ефект відмічається при концентрації нафтових вуглеводнів 1 – 100 мкг/дм<sup>3</sup>. Підвищення швидкості фотосинтезу і поділу рослинних клітин пояснюється як загальною активізацією регуляторних фізіолого-біохімічних механізмів при низьких дозах отрут, так і порушенням сили біотичних взаємовідносин між клітиною і бактеріями, що проживають на її поверхні, які використовують позаклітинні продукти метаболізму фітопланктону як джерело живлення. Стимулююча дія нафтопродуктів може бути пов'язана з присутністю в них деяких металоорганічних сполук, що відіграють роль стимуляторів росту клітин.

Нафтопродукти в токсичному відношенні менш небезпечні, оскільки чутливість гідробіонтів до них на 2 – 3 порядки нижча, ніж до хлорорганічних пестицидів і важких металів. Так пониження швидкості асиміляції вуглецю до 40 % спостерігається при концентрації нафтових вуглеводнів 0,05 мг/л. Порогові концентрації емульгаторів нафти для різних видів водоростей відмічаються в межах 8 – 80 мг/дм<sup>3</sup> і навіть до 500 мг/дм<sup>3</sup> [17].

Зоопланктон дуже чутливий до забруднювальних речовин. При сублетальних концентраціях будь-яких токсичних речовин у середовищі порушується трофічна активність рачків-фільтраторів (знижуються швидкості біофільтрації і споживання харчів). Ракоподібні на ранніх стадіях онтогенезу (науплиуси і личинки різного віку) значно менш стійки до впливу

токсичних речовин у порівнянні із статевозрілими особинами. Акумуляція токсичних речовин залежить від хімічних властивостей і форм знаходження у воді (розчин, зависі), від способів живлення організмів (планктонне, детритне, хижакові), а також від механізмів адаптації і виведення токсичних речовин з організмів. Має значення їх висхідна концентрація у воді та час перебування гідро біонтів в забрудненому середовищі.

Нафта та нафтопродукти тяжіють до поверхневого мікрошару, тому входять у прямий контакт з організмами, які населяють при поверхневий водний біотоп океану. До складу приповерхневих біоценозів входять личинки і мальки багатьох цінних промислових гідро біонтів. Плейстонні організми пов'язані з поверхневою плівкою океану. Основні види плейстоцени (фізаліс, велелла, поркита) вирізняються великою репродуктивною здатністю. Нейстонні або гіпонейстонні організми живуть під плівкою поверхневого натягу у товщі води 2 – 5 см. Нейстон і плейстон виступають зв'язковою ланкою між спільнотами в середині моря. Високі концентрації нафтових вуглеводнів свідчать про можливість накопичення нейстоном цих забруднювальних речовин у небезпечних для його життєдіяльності дозах та активного їх перенесення в інші біотопи [14].

Бактеріопланктон являє собою своєрідний бактеріальний ценоз, який характеризується великою чисельністю і високою біомасою, високою продукцією бактеріальної маси, великим різноманіттям токсонів з переважаючим розвитком родів *Pseudomonas* і *Achromobacter*. Внаслідок дії забруднювальних речовин на бактеріонейстон відбуваються зміни у складі мікробіоценозів і накопичення індикаторних форм, пригнічення ферментативних якостей мікробної клітини, зменшення швидкості розмноження і продукування бактерій.

Ефекти антропогенного впливу проявляються на індивідуальному (біологічні наслідки) і популяційно-біоценотичному (екологічні наслідки) рівнях. Біологічні наслідки включають зміни в організмах біохімічного, морфологічного, фізіологічного і генетичного характеру. На індивідуальному

рівні токсичні речовини призводять до зміни хімічного складу клітини, характеру ферментативних систем, процесів дихання, осмотичної регуляції, росту і розмноження, до виникнення мутацій, канцерогенезу, патологічних форм, зміни розмірів клітини, порушення руху і орієнтації організмів у просторі.

Порушення популяційно-біоценотичного характеру проявляються у зміні середньої біомаси популяцій планктонних і бентозних організмів, зменшенні числа родів або сімейств гідро біонтів, появі нових організмів, зміні співвідношення меж процесами продукції і деструкції органічної речовини, порушенні процесів екологічного метаболізму, появі індикаторних організмів. Забруднення морського середовища призводить до спрощення структури екосистем із заміною високо спеціалізованих видів резистентними (стійкими) видами і до зниження різноманітності екосистем.

Під самоочищенням морського середовища розуміється сукупність фізичних, хімічних, мікробіологічних і гідробіологічних процесів, що обумовлюють розпад, утилізацію забруднювальних речовин і ведуть до відновлення характеристик морських вод, які властиві їх незабрудненому стану. Самоочисна здатність водою залежить від цілого ряду факторів: фізичних, фізико-хімічних, біохімічних і біологічних. Гідродинамічні фактори, не являючись по суті факторами самоочищення, можуть сприяти його прискоренню або гальмуванню [14].

Головним фактором самоочищення природних вод від комплексу забруднювальних органічних речовин виступає насамперед життєдіяльність мікроорганізмів-деструкторів, що здатні трансформувати органічні речовини і переводити їх у мінеральний стан. Важливе значення в цьому плані мають і фізико-хімічні фактори.

Фракціонування і сумарна дія різноманітних факторів після надходження нафти у море зображено на рис. 2.1. Важливе місце у процесі руйнування нафтових агрегатів належить випаровуванню. Вуглеводні з довжиною ланцюга атомів вуглецю у молекулі менше  $C_{15}$  (температура кипіння 250 – 400 °C) випаровуються з водної поверхні протягом 10 діб,

вуглеводні у діапазоні  $C_{15} - C_{25}$  (250 – 400 °C) утримуються довше, а фракції важчі  $C_{25}$  практично не випаровуються. В цілому одне випаровування може вилучити до 50 % вуглеводнів сирової нафти, до 10 % важкої нафти і до 75 % легкої паливної нафти [16].

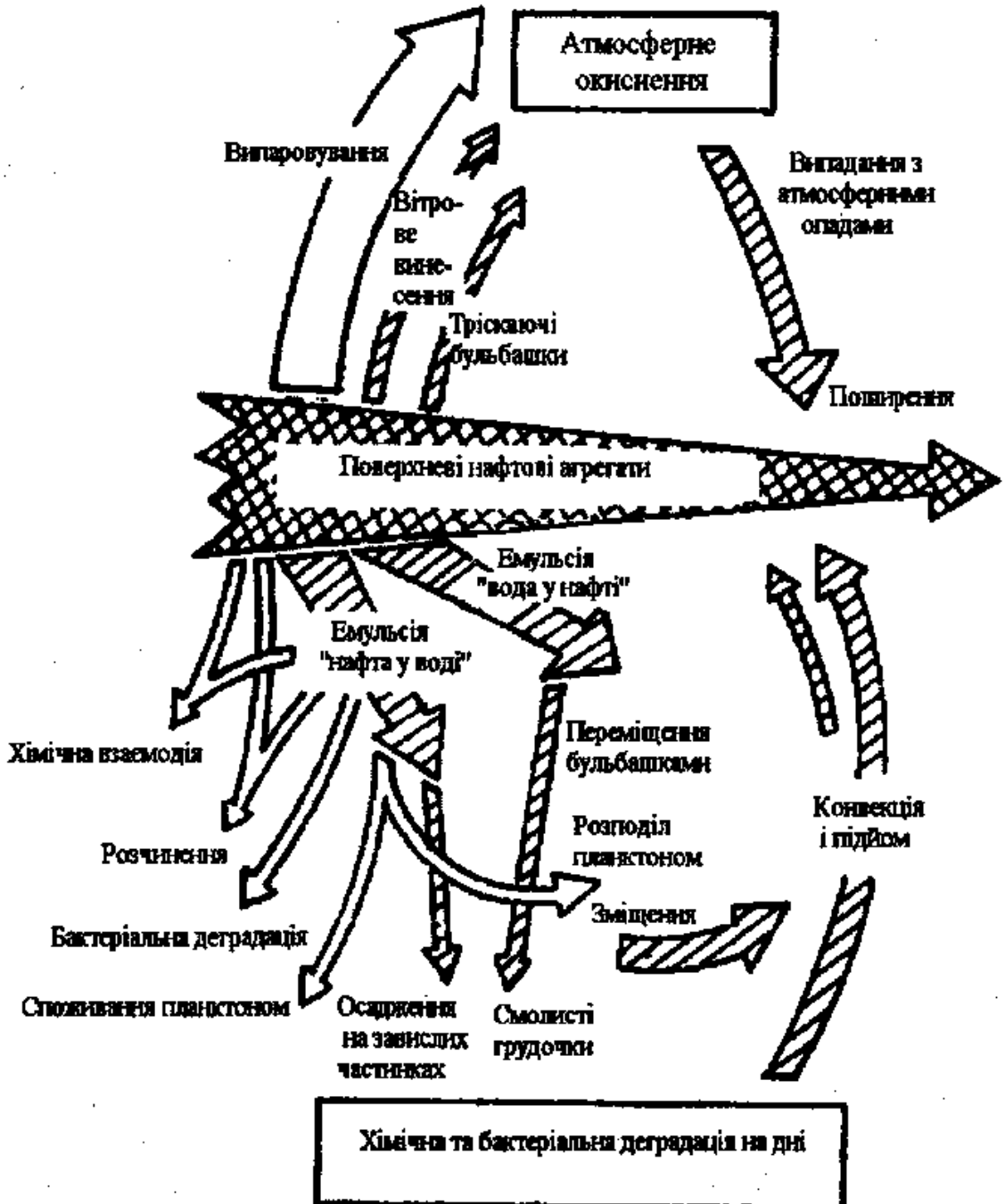
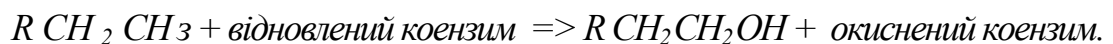


Рис. 2.1 – Процеси розподілу та руйнування розлитої у морі нафти [14].

Деяка частина нафтових вуглеводнів може розкладатися у процесі фізико-хімічного автокаталітичного окиснення. Реакція закінчується утворенням гідроперекисів. Продукти розкладу гідроперекисів служать ініціаторами подальших окиснювальних виливів на вуглеводні. Автоокиснення нафти інгибується білками, фенолами і сірковмісткими сполуками, стимулюється металоорганічними сполуками і ініціюється фотохімічною дією сонячної радіації. У ясну погоду з нафтового розливу може окиснитися до  $2 \text{ т/км}^2$  за добу нафти.

Точне співвідношення всіх факторів, що сприяють вилученню нафти із морського середовища, ще невідоме. Проте встановлено, що саме активність мікроорганізмів визначає кінцеву долю нафти у морі. На кінець 80-х років ХХ ст. було виявлено 70 родів мікроорганізмів, включаючи 28 родів бактерій (більше 100 видів), 30 видів грибів і 12 видів дріжджів, що окиснюють один або декілька вуглеводнів. Основну роль у деструкції нафтових вуглеводнів відіграють мікроорганізми, які здатні використовувати вуглеводні в якості єдиного джерела вуглецю і енергії. Окиснення вуглеводнів відбувається за рахунок оксидаз змішаних функцій або монооксидаз за схемою [14]:



При руйнуванні нафти в морському середовищі накопичуються продукти неповного окиснення деяких вуглеводів, які в свою чергу є субстратом для подальшої дії мікрофлори. Це гідроперекиси, спирти, кетони, альдегіди, ліпіди, органічні кислоти, амінокислоти, пігменти, цукри, феноли.

Важливим типом метаболізму, що широко поширений у мікробному світі, є співокиснення або ко-метаболізм. Мікроорганізми моря функціонують як елементи складного ценозу, що реагує на впровадження чужорідних речовин як єдине ціле. Це визначається наявністю різноманітних зв'язків і взаємодій між організмами і різними субстратами. Складність складу нафти і нафтопродуктів потребує різноманіття мікроорганізмів, що здатні атакувати

компоненти нафти та продукти метаболізму. Тому сирі нафти і індивідуальні вуглеводні більш ефективно руйнуються змішаним бактеріальним населенням, ніж окремими Ізольованими штампами. У забруднених акваторіях крім вуглеводнеокиснюючих мікроорганізмів широко поширені ліполітичні, протолітичні, фенолоокиснюючі, денитрифікуючі та інші бактерії. І чим більше видів у цьому ценозі, тим ширші можливості їх ензиматичних апаратів, що каталізують окиснення різних органічних речовин.

Процеси мікробного окиснення нафтових вуглеводнів у морі прискорюються або гальмуються дією різноманітних факторів середовища. Підраховано, що для повного окиснення 1 л нафти необхідно 3300 г кисню. Тому прискорене окиснення нафтових вуглеводнів буде відбуватися при умові доброго насичення води киснем, а найбільш сприятливі умови створюються на межі розділу море-атмосфера. Для росту вуглеводне-окиснюючої мікрофлори необхідні джерела зв'язаних форм неорганічних азоту і фосфору, тому збагачення води біогенними речовинами сприяє прискоренню бактеріального окиснення нафтових вуглеводнів. Для повного окиснення 1 мг нафти необхідно біля 4 мг нітратів, а для досягнення оптимальної швидкості біодеградації нафти повинно бути збережено співвідношення  $N : P = 14 : 1$ . Бактеріологічне окислення нафти у присутності аміачної форми азоту відбувається краще, ніж у присутності нітратної, причому в першому випадку швидкість окиснення в 1,5 – 2 рази більша [17].

Температурний фактор є визначальним у кінетиці розпаду. Зміна швидкості мікробного розпаду (окиснення) як правило виражають через  $Q_{10}$  – кратність прискорення реакції при підвищенні температури на  $10^{\circ}\text{C}$  (або навпаки). За різними визначеннями ця величина складає 2,7 – 3,0. Проявляється і вплив солоності води. З підвищенням вмісту солі на 1 ‰ період напіврозпаду нафти збільшується на 22 год. Менш виражений вплив рН: при підвищенні рН на 1,0 період напіврозпаду нафти зменшується в середньому на 24 год [14, 17].

Доля окиснення нафтових вуглеводнів морськими мікроорганізмами складає в середньому 50 – 60 % із коливанням від 20 – 98 %. При нестачі



зв'язаного азоту, вмісті кисню менше 0,5 мг/л і рН нижче 6,0 активність грибів та дріжджів переважає активність бактерій, причому їх найбільша чисельність спостерігається у прибережних районах [15, 17].

У більш холодних арктичних морях співвідношення між процесами самоочищення від нафтових вуглеводнів виглядає дещо по іншому. Тут основну роль у механізмі самоочищення відіграють випаровування (50 – 70 %), фотоокиснення (15 – 30 %) і біологічна утилізація (2 – 7 %). Такі оцінки відносяться до весняно-літнього періоду в Центральній Арктиці і до межі контакту атмосфери з водою та льодом. Взимку інтегральна ефективність механізму самоочищення зменшується приблизно в три рази у порівнянні з літом [14].

### 3 ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА НАФТОЮ ТА НАФТОПРОДУКТАМИ

Останні десятиріччя відзначаються посиленням антропогенних впливів на морські екосистеми. Поширення різноманітних забруднювальних речовин набуло локального, регіонального і навіть глобального масштабу. Тому забруднення морів, океанів та їх біоти стало найважливішою міжнародною проблемою.

Під забрудненням моря розуміється введення людиною прямо чи побічно речовин або енергії у морське середовище, що призводить до таких негативних наслідків, як збиток живим ресурсам, небезпека для здоров'я людей, перешкоди у морській діяльності, включаючи рибальство, погіршення якості морської води і зменшення її корисних властивостей.

До джерел забруднення океанів і морів можна віднести такі:

- скидання промислових і господарських вод безпосередньо у море або з річковим стоком;
- надходження із суші різноманітних речовин, що застосовуються у сільському та лісовому господарстві;
- навмисне захоронення у морі забруднювальних речовин;
- аварійні викиди з кораблів або підводних трубопроводів;
- розробка корисних копалин на морському дні;
- перенесення забруднень через атмосферу тощо.

Нафта та нафтопродукти найбільш поширені забруднювальні речовини у Світовому океані. На початок 80 років XX ст. в океан щорічно надходило більше 6 млн. т нафтових вуглеводів, що склало біля 0,23 % річного світового видобутку нафти і значно перевищувало втрати нафти при затопленнях і пошкодженнях нафтових танкерів за всю другу світову війну [18]. Шляхи надходження і форми існування нафтових вуглеводів різноманітні

(розчинена, емульгована, твердоподібна, плівкова). Відмічають наступні шляхи надходження нафти у Світовий океан [18]:

- скидання в море промивних, баластових вод з кораблів (23 %);
- скидання у портах і припортових акваторіях, включаючи втрати при завантаженні бункерів наливних суден (17 %);
- скидання промислових відходів і стічних вод (10 %);
- злизові стоки (5 %);
- катастрофи суден і бурових установок у морі (6 %);
- буріння на шельфах (1 %);
- атмосферні випадання (10 %);
- винесення річковим стоком (28 %).

Найбільші втрати нафти пов'язані із її транспортуванням. Аварійні ситуації, зливання за борт танкерами промивних і баластових вод – все це обумовлює присутність постійних полів забруднення на трасах морських шляхів. За останні 30 років у Світовому океані пробурено більше 2000 свердловин. Великі маси нафти із суші надходять у моря по річках з побутовими і злизовими стоками. Об'єм забруднення нафтою з цього джерела перевищує 2 млн. т/рік. Із стоками промисловості і нафтопереробних заводів у море щорічно потрапляє до 0,5 млн. т нафти [18].

Існуючі технічні засоби захисту морського середовища від забруднення призначені для вилучення шкідливих речовин із різних викидів морських суден, а також для боротьби з нафтовими розливами, що нерідко виникають при експлуатації нафтових свердловин на шельфі або при аваріях нафтоналивних суден. Попередження забруднення морського середовища від наземних джерел через річковий стік або атмосферу можливе тільки шляхом глобального впровадження екологічно чистих безвідхідних промислових технологій і методів раціонального природокористування.

Джерелами забруднення морського середовища з суден є відпрацьовані гази суднових енергетичних установок, викиди палива і олив, промивні, трюмні і баластові води, відходи реакторних установок, побутові стічні води,

різноманітне побутове і виробниче сміття. Задача охорони середовища в даному випадку полягає в тому, щоб не перевищити допустимий рівень забруднення. Це вирішується двома напрямками: створенням систем замкнутого циклу, які дозволяють утилізувати основну масу відходів; очисткою і пониженням токсичності скидів, які неминуче надходять у морське середовище.

Задача нейтралізації суднових стічних вод вирішується двома шляхами: обладнанням суден спеціальною цистерною необхідного об'єму для збору і збереження стічних вод з наступною їх передачею для переробки; обладнанням суден установкою (системою) для обробки стічних вод до необхідних норм безпосередньо на борту і подальшим їх скидом згідно правил.

З метою вилучення нафтопродуктів із скидних вод, як правило, застосовують системи грубого і тонкого очищення. Грубе очищення виконується сепаруючими пристроями відстійного типу, в яких від води відділяються грубодисперсні частинки нафтопродуктів. Принцип дії сепараторів відстійного типу полягає у розділенні нафтоводяної суміші під впливом внутрішньої енергії дисперсної системи. Швидкість потоку води у сепараторі повинна бути меншою швидкості підйому частинок нафти. Частинки діаметром 2 – 5 мм спливають із швидкістю 100 мм/с, а частинки менші 0,8 мм спливають так повільно, що виносяться потоком води. Тому шлях рідини в сепараторі збільшується за рахунок лабіринту із сіток, перегородок, сопел, гвинтоподібних поверхонь тощо. Тонке очищення проводиться у спеціальних фільтрах [14].

Значні складнощі виникають при експлуатації нафтоналивного флоту. Наприклад, після розвантаження танкера-стотисячника на дні і стінках нафтових ємностей завжди залишається шар нафти, що прилипла (мертвий залишок) вагою до 500 т. Раніше танки відмивали просто гарячою водою, яку після промивки у великих об'ємах зливали за борт. Нині широко застосовується емульсійний метод. Цей метод виключає скидання нафтових забруднень у море при очищенні металевих поверхонь, ємностей, цистерн, резервуарів і танків на нафтоналивних суднах. Металеві поверхні відмиваються від залишків нафти струменем розчину спеціального препарату. Під впливом механічної, теплової і

фізико-хімічної дії утворюються прямі емульсії (нафта у воді) з заданим дуже коротким часом життя, які потім самі розкладаються на нафту і миючий розчин. Існують препарати, які у процесі очищення попереджують утворення високов'язких і стійких зворотних емульсій (вода у нафті) і можуть бути використані багаторазово (до 20 разів). Емульсійний метод забезпечує очищення ємностей по замкнутому циклу без скидання промивних вод. Ефективність очищення настільки велика, що після нафти у танках можна перевозити харчові продукти – цукор або зерно. Зібрана нафта утилізується. Таким чином, кожна тонна препарату дозволяє отримати сотні тонн регенованої нафти [14].

Якщо розлита у морі нафта представляє собою великий або розірваний зливков, то насамперед необхідно призупинити його розповсюдження, а потім вилучити нафту з поверхні моря. Затримання розповсюдження зливків у припортових акваторіях досягається застосуванням бонових загорож, що виконані у вигляді трубчастих камер. При швидкості течії не більше 75 см/с подібні загорожі ставлять по сегменту або під кутом до берега, щоб нафта підганялася течією до берега і там накопичувалася. При швидкості течії до 40 см/с можливе застосування пневматичного бар'єру. Повітря під тиском подається у перфорований трубопровід, що укладений на дні. Бульбашки, які виділяються, створюють висхідний потік води, який утворює на поверхні стоячу хвилю (водяний бар'єр). Вода відтікає по обидві сторони бар'єру і перешкоджає рухові нафти.

Особлива роль належить збирачам-речовинам, які здатні збільшувати товщину нафтової плівки і значно скорочувати площу розливу. До таких речовин належать рідкі карбонові кислоти, спирти, ефіри, гліцерин тощо. Головний критерій ефективності збірника – тиск розтікання, що створюється моношарами збирача, знаходиться у рівновазі з лінзами речовини, що не розтеклася. Чим вищий тиск розтікання, тим більша товщина шару, у якому збирач сконцентрує розлиті нафтопродукти. Тобто для успішного впливу на

забруднення тиск розтікання повинний бути більшим коефіцієнта розтікання нафти.

Вилучення нафти з поверхні моря здійснюється різноманітними методами. Для відкачування нафтових зливків широко застосовуються різноманітні сепаратори. Як правило, це конусоподібні ємності, які закріплені на поплавках і оснащені насосами для всмоктування нафтової плівки разом з тонким шаром води. Деякі пристрої оснащені жорсткими боновими загородженнями, що закріплені під кутом до рухомого сепаратора (це дозволяє концентрувати нафту із смуги шириною до 20 м). Продуктивність плавучих сепараторів становить 10 – 100 т нафти за годину [14].

Інший метод вилучення зливків базується на високій в'язкості нафти та її здатності до адгезії на твердих поверхнях. Деякі колектори містять велику кількість неопренових ремінних передач, з яких після контакту зі зливком нафта зчищається у роздільний танк. Швидкість вилучення нафти з важких зливків подібним методом досягає 4500 л/год.

В основі декількох способів збору нафти лежить розбризкування на забрудненій поверхні моря розплавленого парафіну або розчину полівінілового пластика у леткому розчиннику. Після того, як матеріал охолоне, нафта залишається в його порах, а затверділі куски суміші вилучаються механічними способами.

Широке застосування знайшли різноманітні синтетичні водовідштовхуючі поруваті матеріали, які здатні ефективно сорбувати нафту. Так, сорбент на основі гідрофобізованого перлиту збирає нафту з поверхні моря на 98 %. Деякі пінопласти на основі складних поліефірів за 5 хвилин поглинають нафти у 18 – 20 разів більше їх власної маси, і після вилучення з них нафти можуть використовуватися багатократно. Олеофільна поліуретанова піна («бібіпол»), що подрібнена на дрібні шматочки, адсорбує нафти у 100 разів більше власної маси [14].

Використання спеціальних речовин – деспергентів – має на меті роздробити залишки нафтових зливків, перевести їх у емульсії і цим прискорити

хімічне руйнування нафти. Диспергуючі засоби повинні бути біологічно м'які, нетоксичні для морських організмів і забезпечувати оптимальну стабільність емульсії навіть при сильному розведенні водою.

Вилучення нафти можливе і біологічними агентами. Так, один індивідуум конеподи *Caiapez* може споживати до 150 мкг нафти за добу (для щільної популяції це споживання становить 0,3 г/м<sup>3</sup> діб). Організми-фільтратори, наприклад чорноморські мідії, здатні вилучати через зябра до 200 мг нафти із одного літра води у вигляді псевдофекалій, які складаються із слизу з нафтовими краплинами. Всі ці тварини не засвоюють нафту, яку ковтають, а роблять її більш доступною для мікроорганізмів. Відомо більше 100 видів різноманітних бактерій, які окиснюють нафтопродукти. В аеробних умовах бактеріями руйнуються майже всі вуглеводні, від метану до самих важких залишків. У поверхневому шарі донних відкладів при вмісті кисню менше 0,5 мг/л та рН < 6 здатні окислювати нафту і гриби у вигляді плісняви та дріжджів. У Мексиканській затоці нормальна щільність широкого ряду дріжджів рідко перевищує 10 життєздатних одиниць на 100 мл води, але після розливу нафти із свердловини їх кількість зростає до 500 – 1100. У зв'язку з цим для очищення морських акваторій від нафти запропонований метод, який передбачає виробництво мікрокапсул, які містять мікроорганізми і необхідні їм речовини (ензими і поживні солі), та їх розкидування в забруднених районах [14].

Таким чином, для вилучення нафти з водної поверхні існує багато методів. Кожен з них має певні переваги і недоліки. Найбільш перспективне застосування комбінованих методів.

### 3.1 Наслідки забруднення морського середовища нафтопродуктами

Забруднення морської акваторії нафтовими розливами призводить до погіршення навколишнього середовища, яке проявляється або в зниженні якості природних ресурсів морської екосистеми, або в зменшенні їх

кількості, або в тому і іншому одночасно. У складі екосистеми морської акваторії і узбережжя можна виділити наступні види природних ресурсів:

- територіальний ресурс акваторії,
- водні ресурси,
- біологічні ресурси,
- рекреаційні ресурси,
- мінерально-сировинні і паливно-енергетичні ресурси дна.

Територіальний ресурс акваторії служить простором для господарської діяльності людини і використовується в транспортних цілях. Самі по собі нафтові забруднення морських акваторій не роблять впливу на функціонування морського транспорту, але аварійні розливи нафти можуть стати причиною простоїв судів. У разі аварійного розливу нафти на морській акваторії порушується функціонування морських перевезень, оскільки в ході робіт з прибирання нафти, забруднена частина акваторії не може використовуватися з метою орієнтування [19].

Водні ресурси моря служать джерелом біологічної продукції, енергії, хімічних речовин, є засобами підтримки газового стану атмосфери, беруть участь у кругообігу тепла, вологи, в освіті системи течій, у формуванні погоди і клімату [38]. Крім того, морська вода є цінним хімічним сировинним ресурсом, оскільки містить в розчиненому стані більше 60 цінних хімічних елементів, таких як натрій, барій, бор, міліну, йод, уран і ін. [Кількісний вміст цих елементів різний. Деякі з них (хлор, натрій, магній, сірка, калій, кальцій) складають сотні тисяч тонн на 1 км<sup>3</sup> води. За деякими джерелами в 1 км<sup>3</sup> води міститься  $28 \cdot 10^6$  т повареної солі,  $1,3 \cdot 10^6$  т магнію,  $3 \cdot 10^4$  т барію, 300 т бром, 79 т міді, 11 т урану. Майже 80 % обсягу всіх мінеральних речовин, що містяться у воді океану, падає на частку хлористого натрію (повареної солі). В даний час з морської води витягають кухонну сіль ( $8 \cdot 10^6$  т, тобто 1/3 л від загального світового видобутку), магній (40 % світового видобутку, при цьому він дешевше, ніж на суші), бром (70 % світового видобутку), калій та іншу сировину для промисловості [19].



За допомогою кисню, бактерій, мікроорганізмів, гідродинамічних процесів вода має здатність до самоочищення. Асиміляційні потенціал екосистеми моря це лімітована здатність нейтралізувати і знешкоджувати в певних межах шкідливі викиди, що надходять в морське середовище в результаті господарської діяльності людини. Завдяки турбулентному перемішуванню знижується концентрація забруднювача в воді, після чого починається процес мінералізації органічних речовин за допомогою бактерій, грибів і водоростей [19].

Морське середовище може витримувати певну ступінь забруднення – поглинати їх, асимілювати без шкоди для екологічної системи. Стійкість морських екосистем по відношенню до викидів забруднюючих речовин, що надходять в морське середовище в результаті антропогенної діяльності, є цінною властивістю цих систем. Терміни життя більшості токсичних з'єднань обмежені. Завдяки фізико-хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в гідросфері, вони розпадаються і включаються в природний біогеохімічний цикл. Ці процеси зумовлюють наявність асиміляційного потенціалу морського середовища – особливого виду жорстко лімітованих природних ресурсів. При перевищенні асиміляційних обмежень виникають негативні еколого-економічні наслідки, порушується рівновага екосистеми, втрачається здатність до самоочищення. Чим вище асиміляційні потенціал природного середовища, тим менше потрібні превентивні природоохоронні витрати на запобігання забруднень, що надає асиміляційному потенціалу конкретної акваторії реальну економічну цінність [19].

Таким чином, хімічні ресурси води та асиміляційний потенціал акваторії схильні до негативного впливу нафтового забруднення і відносяться до розряду надзвичайно чутливих до нафтових розливів.

Біологічні ресурси моря – це живі ресурси морської екосистеми, які складаються з рослин, тварин і мікроорганізмів. Біологічні ресурси (риби, безхребетні, ссавці, водорості та ін.) є джерелом продовольства і органічної сировини для виготовлення різноманітної кормової і технічної продукції

(жирів, добрива та ін.), вихідною сировиною для медичних препаратів а також, виступають в якості природного фільтра навколишнього середовища. Водні біоресурси відтворюються за допомогою живих ресурсів, є обмеженими за обсягом і залежними від стану навколишнього природного середовища [19].

До складу біологічних ресурсів входять організми:

- продуценти, що виробляють органічну масу (фітопланктон – дрібні і мікроскопічні морські рослинні організми, численні види одноклітинних водоростей), що мешкають в товщі морської води і не володіють активними засобами пересування);
- консументи, переробні живу органічну масу (зоопланктон, бентос, нектон);
- редуценти, що забезпечують розкладання відмерлої органічної маси до мінеральних речовин (бактерії, гриби та інші мікроорганізми) [19].

Світовий океан щорічно виробляє від 400 до 600 млрд. т органічної речовини, до складу якого входять представники всіх ланок харчового ланцюга – зоопланктону, риб, ссавців. Всі морські тварини прямо або побічно залежать від фітопланктону, що лежить в основі харчового ланцюга, а фітопланктон існує лише в фотічному шарі. У тропіках товщина шару досягає 80 – 100 м [17, 19].

Внесення забруднень в морське середовище призводить до розриву харчових ланцюгів, до руйнування екологічної рівноваги, в результаті чого промисел біоресурсів може бути порушений. Пояснюється це тим, що нафтова плівка перешкоджає проникненню в море світла, який необхідний для життєдіяльності мікроорганізмів, в результаті чого відбувається зменшення вихідної харчової ланки в океані і зниження інтенсивності кисневого постачання атмосфери. Загибель морських організмів збільшує масу матерії яка розкладається, на що інтенсивно витрачається кисень, що міститься у воді, що ще більше загострює дефіцитність кисневого балансу.

Брак їжі і кисню відбивається на життєдіяльності всіх морських організмів [19].

Нафта і нафтопродукти надають механічний вплив на живі організми моря – перешкоджають доступу кисню з атмосфери і, огортаючи зябра риб, порушують нормальне дихання. Часто забруднення морських просторів виявляється згубним для птахів – при контакті оперення морських птахів з поверхнею води, зтягнутою плівкою нафтопродуктів, воно втрачає свої теплоізоляційні і водозахисні властивості. У більшості випадків птиці гинуть від порушення терморегуляції, так як їх тіло вже не ізолювано від водного середовища тією повітряною подушкою, яку створює оперення. Крім цього пір'я злипаються, в результаті чого птах не може злетіти [19].

Життя в океані концентрується біля поверхні, переважно вздовж берегів. Забруднення океанічних вод відбувається в тих шарах, де зосереджена все життя. Загибель фітопланктону веде до загибелі інших організмів харчового ланцюга, а також до скорочення кисню на планеті.

Біологічні ресурси є найбільш уразливими до нафтового забруднення морських акваторій [19].

Мінерально-сировинні і паливно-енергетичні ресурси дна зустрічаються головним чином у вигляді локалізованих покладів і структур на поверхні дна і включають [19]:

- рідкі, газоподібні і розчинні корисні копалини (нафта, газ, сірка, сіль, поташ) які можна добувати за допомогою буріння свердловин;
- тверді рудні відкладення під поверхнею дна (кам'яне вугілля, сіль, сірка, залізна руда і ряд інших металів), які можна витягувати шахтно-рудничної здобиччю і т.д.

Мінеральні ресурси розрізняються за місцем знаходження континентального шельфу і відносяться до категорії природних ресурсів, незалежних від чистоти водного середовища, тому не є чутливими до забруднення нафтою.

Морське середовище є досить вразливою з точки зору нафтового забруднення. Чутливими до нафтового забруднення є наступні види ресурсів: біологічні, асиміляційний потенціал акваторії і хімічні ресурси води. Перераховані види ресурсів несуть негативні зміни в разі аварійного забруднення нафтою акваторії моря та прибережної зони, які лягають в основу натурального збитку, нанесеного навколишньому природному середовищу.

#### 4 СТАН ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Морський видобуток нафти на Каспії почалася в 1924 р. в бухті Ілліча (недалеко від м Баку), хоча на прилеглий суші Апшеронського півострова перші промисли з'явилися ще в 1870 р. У 1910 р. цей район посів перше місце в світі з видобутку нафти, яка досягла 10 млн т/рік [9].

До теперішнього часу в надрах дна Каспійського моря виявлені десятки нафтових і газових родовищ. Активна їх розробка ведеться головним чином в територіальних водах Азербайджану. У 2006 р. тут було видобуто 33 млн т нафти і 6,7 млрд м<sup>3</sup> газу [9].

На теперішній час в цей процес включаються нафтові компанії Росії та Казахстану. Республіка Казахстан вже підписала з американськими і західноєвропейськими компаніями ряд угод з освоєння шельфу східній частині Північного Каспію. Азербайджан домовився з провідними нафтовими компаніями світу про спільну розвідку та розробки родовищ Південного Каспію, поки ще відносно чистого ділянки Каспійського моря.

Уряд Росії ще в 1997 р видало ліцензію ВАТ «Лукойл» на право користування надрами дна Каспійського моря. В межі цієї зони була включена і північна, колишня заповідної, частина моря.

Прогнозується, що найближчим часом з надр Каспійського моря будуть видобувати близько 350 млн т нафти в рік. Щоб забезпечити транспортування видобутих ресурсів на Каспійському морі та прилеглий суші, навколо Каспію прокладені тисячі кілометрів нафто- і газопроводів (рис. 4.1).

Прибережні зони Каспію і його води досить істотно забруднені нафтою і нафтопродуктами. Найбільше забруднення нафтопродуктами спостерігається на азербайджанському узбережжі і в першу чергу в районі міста Баку і Сумгаїт. Концентрація нафтопродуктів у водах цих районів досягла 427 мг/дм<sup>3</sup>, що становить 8540 ГДК. Ці райони повністю втратили

своє рибогосподарське значення та екологічна ситуація в них набула характеру біологічної катастрофи. Тут практично зникли живі організми, загинув донний флористичний комплекс зостера, що служив основою харчування для багатьох морських організмів [20, 21].

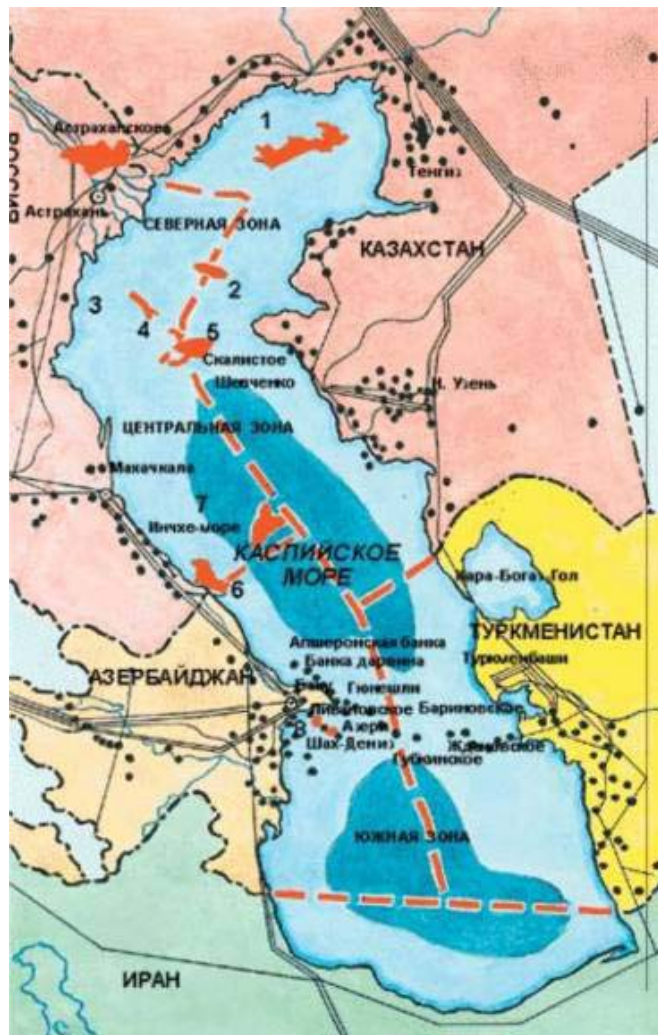


Рис. 4.1 – Схема розміщення нафто- і газопроводів у Каспійському морі.

Води Каспійського моря, які омивають Апшеронський півострів, втратили здатність до самоочищення, тобто стали мертвими. З кожним роком межі цієї зони розширюються. Сюди уникають заходити навіть тюлені, і тільки в літній період відпочиваючі ще плескаються в мертвих, але теплих водах Каспію, з ризиком для свого здоров'я. А адже раніше прибережні води уздовж Апшеронського півострова служили пасовищем для нагулу молоді

каспійського лосося, Куринського часткових, місцем промислу кутума і каспійських оселедців. Колись в районі о. Житлового та Нафтових Каменів добували судака і раків до 3 тис. т/рік.

Карта розподілу плівок нафти і нафтопродуктів представлена на рис. 4.2. [20]

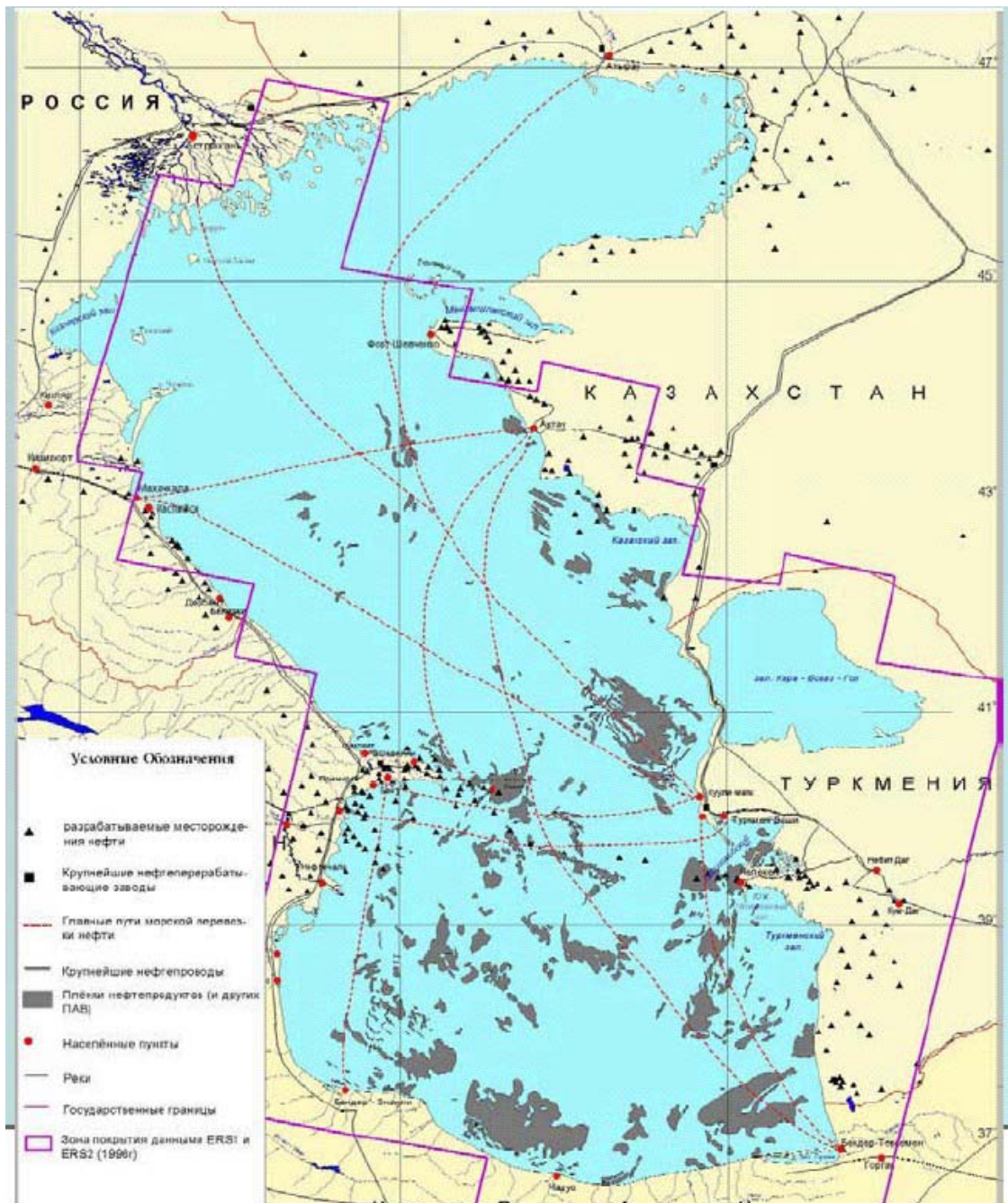


Рис. 4.2 – Інтегральна карта розподілу плівок нафти і нафтопродуктів на травень 2004 р. [20]

Як видно з рис. 4.1, основна площа морської поверхні, покритої нафтовими плівками, розташована в Південній частині моря. Така ситуація пояснюється тим, що до теперішнього часу основна частина Каспійської нафти видобувається на Азербайджанській акваторії Каспійського моря. Характеристики полів вітру і течій сприяють подібному розподілу нафтових плівок. Наявність величезної нафтової плями в південно-східній частині Середнього Каспію, може бути пов'язана з перенесенням нафтопродуктів з району Челекен під впливом поверхневих течій. Як відомо, на Каспійському морі спостерігається загальна циклонічна циркуляція з локальними тимчасовими вихровими утвореннями в Середньому і Південному Каспії [4]. Залежно від поля вітру тут можуть виникати як циклонічні, так і антициклонічні вихрові утворення різних масштабів. Розподіл плівок нафтопродуктів цілком відповідає циклонний круговорот вод Каспійського моря.

Нафтопродукти, що потрапили в море з районів нафтовидобутку і транспортування Азербайджану, переносяться в Південний Каспій, які концентруються у стрижня основної течії. Наявність нафтових плівок в центральній частині Південного Каспію можна пояснити вітровим дрейфом плівки нафтопродуктів з родовищ Азербайджану, розташованих по траверсі Апшеронського півострова.

Наявність досить стійкого поля нафтових плівок біля східного берега Середнього і Південного Каспію, може бути пов'язано з адвективним перенесенням і вітровим дрейфом нафтопродуктів з районів нафтовидобутку Казахстану і Туркменістану.

Джерелами надходження нафти і нафтопродуктів в Каспійське море є наступні фактори.

Природне забруднення Каспійського моря нафтою відбувається в результаті природного просочування вуглеводневих флюїдів з надр. За сучасними уявленнями в зоні Апшеронського порога – валоподібного підняття морського дна, що простягнувся від Апшеронського півострова до



півострова Челекен, відбувається сучасний процес утворення нафти і газу. Вуглеводневий флюїд з низів земної кори по тріщинах, розломів просочується в верхні шари. Частина флюїду заповнює антиклінальні перегини пластів і утворюються поклади, а не перехоплені пастками флюїди висачиваються на дні моря з утворенням грязьових вулканів. Щорічно через жерло грязьових вулканів в води Каспійського моря викидаються мільйони тонн нафти і мільярди метрів кубичних газу. Природні вуглеводні розсіюються в морських водах, випаровуються в атмосферу. Так що Каспійське море, в якійсь мірі, має деякий імунітет до нафтового забруднення, але він занадто слабкий, щоб протистояти техногенному впливу.

При розробці морських родовищ часом відбуваються залпові викиди нафти. Так, ще в 1958 р. під час буріння розвідувальних свердловин на промислі «Нафтові камені» в 37 з них було зафіксовано утворення штучних грифонів – нафтових фонтанчиків на дні моря. Деякі грифони діяли роками і кількість нафти, що випливає з них становило до 500 т/добу. Забруднення відбувається також при ремонті діючих свердловин, при аварійних розливах нафтопродуктів, скиданні забруднених вод і т.д. [22].

Негативно діють на навколишнє середовище і газові викиди на морських і прибережних родовищах. На сьогодні нормативними документами офіційно дозволено спалювати попутний газ під час дослідної та дослідно-промислової експлуатації родовищ, яка триває часом роками. При цьому щорічно в атмосферу надходить до 750 млн м<sup>3</sup> вуглеводневих газів, оксидів вуглецю, сірки, азоту. У факелах тільки Тенгізького родовища (Казахстан) щороку згорає до 60 тис. т етану, 30 тис. т пропану, 60 тис. т легких вуглеводнів. У цих газах міститься до 4 % сірки, а в нафті Тенгізького родовища її до 33 %. Навколо промислу височіють цілі терикони сірки, ці гори помітні навіть з космосу. У Прорвинській групі родовищ, яка розташована ще ближче до моря, щорічно спалюють понад 160 млн м<sup>3</sup> попутного газу. В Азербайджані тільки на морському родовищі

Гюнешлі при видобутку нафти до 6 млн т/рік, в атмосферу викидають майже 1,5 млрд м<sup>3</sup> газу з різними домішками [22].

Велику небезпеку таїть в собі природний підйом рівня Каспійського моря, який спостерігається в останні роки. При цьому відбувається затоплення прибережних родовищ, а це 28 діючих промислів. Підйом рівня моря на 2,5 м, що стався з 1978 р., привів до затоплення майже 800 свердловин, які були наспіх законсервовані. У половини з них спостерігалось висачування нафти, а взимку 2001 р. відбувся аварійний викид із затоплених свердловин на родовищі Південно-Західне Тажігалі, ліквідація якого зайняла більше двох тижнів. Через кілька місяців подібне трапилося на родовищі Прибережне. Як результат цих катастроф – загибель величезної кількості риби та понад 50 тис. голів каспійського тюленя [22].

У води Каспійського моря щорічно надходять тисячі, а може бути і мільйони тонн нафти і нафтопродуктів з річковими і дощовими стоками. Більшість з прибережних нафтопромислів знаходяться на пізній стадії розробки, тут часті аварії, розливи і витоку нафти. Ґрунтовий покрив таких прибережних родовищ замазучений на глибину до 10 м, в коморах накопичилося понад 200 тис. т нафти. Загальна площа прибережної зони з нафтовим забрудненням оцінюється в 200 тис. га. Вісь цей нафтовий бруд змивається в Каспій. Тільки річки Волга і Урал поставляють в його води до 40 км<sup>3</sup> забруднених вод в рік, в яких більше 17 тис. т нафтопродуктів [22].

У табл. 4.1 наведені орієнтовні щорічні дані по попаданню нафтопродуктів з річковими стоками з території Прикаспійських держав (тисяча тонн) [19].

З території Туркменістану практично відсутні річкові стоки (річка Атрек пересихає, не доходячи до моря), а з боку Ірану даних немає.

Таблиця 4.1 – Середньорічна кількість нафтопродуктів, що надходять в Каспійське море з річковим стоком, тис. т [19]

| Територія   | Стік річок                 | Нафтопродукти,<br>тис. т |
|-------------|----------------------------|--------------------------|
| Росія       | Волга, Терек, Сулак, Самур | 143,5                    |
| Азербайджан | Кура                       | 3,0                      |
| Казахстан   | Урал                       | 0,6                      |

Неконтрольоване скидання нафти і нафтопродуктів з морських промислів і прилеглих промислових підприємств є загрозою забруднення морського середовища Каспійського моря. Особливо цим грішать азербайджанські нафтовики. Так, в м. Сумгаїт, де розташовано понад 115 промислових підприємств нафтового профілю, щорічно в Каспій скидається майже 130 млн м<sup>3</sup> стічних вод. Прибережна акваторія сильно забруднена нафтопродуктами, фенолами, СПАР і іншими високотоксичними речовинами. З тієї ж причини Бакинська бухта стала кладовищем відходів нафтопереробки. Зміст нафти в воді тут перевищує 38 ГДК, а в донному ґрунті нафтопродукти містять до 32 мл/кг сухої речовини. У сумі тільки Азербайджан щорічно скидає в море понад 500 млн м<sup>3</sup> сильно забруднених вод і більше 300 млн м<sup>3</sup> нормативно очищених. В результаті в море надходить більше 3 тис. т нафтопродуктів, 28 тис. т завислих речовин, 74 тис. т сульфатів, 315 тис. т хлоридів, 520 т СПАР, 25 т фенолів і т.д. [19, 22].

Значними джерелами забруднення Каспію є також морські нафтопромисли Росії, Казахстану, Туркменістану.

Досвід освоєння нафтогазоносних родовищ в морській акваторії показує, що навіть при нормативному режимі видобутку нафти кожна бурова установка є джерелом безлічі забруднень, в які входять тверді, рідкі та газоподібні компоненти. В середньому при освоєнні морських родовищ у водне середовище надходить від однієї свердловини: 30 – 120 т нафти [19].

Бурової флот Каспійського моря – плавучі бурові установки [19]:

- "Апшерон" - бурить до 1800 т з глибини води до 15 м;

- "Азербайджан" - бурить до 3000 т з глибини води до 20 м;
- "Хазар" - бурить до 6000 т з глибини води до 60 м;
- "Баки" - бурить до 6000 т з глибини води до 70 м.

Цим установкам доступна вся мілководна акваторія Північного Каспію, а також більше половини площ середньої і південної частин моря.

Освоєння, експлуатація та технічне обслуговування морських нафтогазових родовищ передбачають обов'язкове дотримання природоохоронних вимог, але виключати потрапляння різних забруднювачів у водне та повітряне середовище поки не вдається.

Мешканці Каспійського моря, перш за все белорибіца, дуже сильно страждають від забруднення морського середовища нафтою і нафтопродуктами. За останнє десятиліття чисельність осетрових в Каспійському морі скоротилася в два рази. Якщо в 1991 р. на морських пасовищах налічувалося 46,8 млн голів осетра і 35,7 млн голів севрюги, то в 2002 р. їх чисельність знизилася до 33,4 і 15,6 млн голів відповідно [22].

Дослідження показують, що навіть при низьких концентраціях нафти в воді вже відбувається порушення фізіологічного стану риби. Концентрації в 6 – 10 ГДК викликають зниження темпу зростання. У осетрових реєструється розшарування м'язів (міопатія), ослаблення оболонки ікри. Така ікра вже не може запліднюватися, і риби втрачають репродуктивну здатність. Вуглеводні, розчинені у воді, руйнують зябра (при цьому порушується водно-сольовий обмін і процеси дихання), впливають на нервово-м'язову систему, знижують чутливість організмів до хімічно небезпечних речовин. За даними азербайджанських вчених З.І.Кулієва і І.Б. Кязімова, каспійський лосось за останні 30 років знизив свою середню вагу на 4 – 8 кг, а лящ – на 180 – 450 мг [22].

В кінці 90-х років минулого століття кількість білорибіци, яка заходить в р. Волгу на нерест, було в 3 рази менше, ніж в попередні роки. Причому риба, яка зайшла на нерест, через браконьєрство назад практично не

повернулася. До цього ж часу біомаса нерестової частини популяції осетра в р. Волзі знизилася в 9 разів.

Кінцевим результатом забруднення Каспійського моря і нерозумного господарювання є загальне різке зниження середньорічних уловів риби. Якщо в 1913 р. в Каспії було видобуто 590 тис. т риби, то в 1956 р. – 350 тис. т, а в 1995 р. – 81 тис. т. При цьому відбулося заміщення уловів цінних сортів риби на кілька [22].

Знижується поголів'я риби і за рахунок нафтової плівки, що покриває поверхню моря. Ікринки багатьох риби розвиваються в поверхневому шарі. При концентрації нафти в морській воді в кількості 0,1 – 0,01 млн ікринок гинуть за кілька діб. На 1 га морської поверхні можуть загинути більше 100 млн личинок при наявності нафтової плівки, а щоб її отримати досить вилити всього 1 л нафти. Нафтова плівка заважає рибним малюкам зробити ковток повітря, щоб заповнити свій плавальний міхур.

Досвід розвідки і розробки родовищ в Північному морі і Мексиканській затоці показує, що вплив скидів і зливів з бурових платформ при «нормальному» режимі їх функціонування може поширюватися до 12 км від місця буріння, а з однієї свердловини в рік надходить в море в середньому до 0,55 млн м<sup>3</sup> всіляких відходів. У місцях морського нафтовидобутку площа кочуючої нафтової плівки часом перевищує десятки квадратних кілометрів. В умовах мілководного Північного Каспію наслідки таких забруднень можуть бути катастрофічними. 8 – 12 розвідувальних свердловин можуть сформувати єдине поле забруднюючих нафтових компонентів. А адже Північний Каспій – це природний пологовий будинок, в яслах і дитсадках для багатьох видів риби [22].

Створилася ситуація, коли всі прикаспійські держави прискореними темпами нарощують освоєння вуглеводневих ресурсів Каспію. До морських нафторозробок, крім Азербайджану, приступили Казахстан і Росія.

До сих пір Прикаспійські держави не можуть домовитися про розподіл сфер інтересів в Каспії. В даний час прийнято далеко не кращу пропозицію

Казахстану про розподіл підводної частини моря (дна і надр) на сектора, в якому кожна держава «має виняткове і суверенне право розробляти природні ресурси». До теперішнього часу підписана купа всяких програм, договорів, конвенцій, проводяться різні наради і конференції, але ситуація з екологічною обстановкою Каспію не покращується, а в ряді районів погіршується.

Особливо загрозлива ситуація з екологією складається зараз в Північному Каспії і пов'язано це з майбутнім освоєнням нафтового гіганта – Кашагана. Родовище розташоване в природному заповіднику, де мешкають червонокнижні риби та інші рідкісні тварини. Обсяг його нафтових запасів оцінюється в 1,4 млрд т. Планується, що до 2019 р. щоденний видобуток сирої нафти досягне тут 1,5 млн барелів (тобто більше 200 тис. т/добу). Нафта Кашагана збагачена сірководнем так само, як і нафта Тенгіза. До теперішнього часу створено консорціум з освоєння родовища, куди увійшли Agip KCO, Shell, Exxon Mobil, Total (кожна компанія по 18,57 %), Conaso Phillips (9,2 %), Inpex (8,33 %) і національна компанія «КазМунайГаз» – 8,33 % [22].

З вини іноземних компаній відбувається різке погіршення екології Північного Каспію. Перевірка умов роботи компанії Agip KCO – оператора консорціуму показала, що регулярно перевищуються нормативи викидів відходів, порушуються норми витрат на природоохоронні заходи, порушуються умови природокористування. Як результат цього – різке скорочення поголів'я осетрових, масова загибель каспійських тюленів і цінних порід риб. Наприклад, в 2000 р. загинуло понад 40 тис. тюленів, в 2001 р. – 250 тис. т кільки, в 2006 р. – близько 400 тюленів і більше 2 тис. осетрових риб, у 2007 р. – понад 400 тюленів і т.д. У загиблих тварин і риб було виявлено велику кількість важких металів і нафтопродуктів, в той же час не було виявлено слідів яких-небудь хвороб, що можуть призвести до масової загибелі мешканців Каспію. У травні 2006 р. в північно-східній частині Каспійського моря в результаті аварійного викиду вуглеводнів із

свердловини консорціуму концентрація по фенолу в морській воді в 6 разів перевищила ГДК, а по нафтопродуктах – більш ніж в 30 разів. Збиток оцінений майже в 2 млн доларів [22].

Існують різні заходи, які могли б оздоровити екологічну ситуацію в регіоні. Вони загальновідомі: суворе дотримання нафтовими компаніями природоохоронних заходів, контроль за діяльністю компаній, обмеження господарської діяльності в найбільш постраждалих районах моря аж до виключення з них ліцензійних ділянок, більш тісна координація між країнами-учасниками освоєння надр Каспійського моря, проведення цілеспрямованих наукових досліджень, організація моніторингу та інші.

#### 4.1 Шляхи вирішення екологічних проблем Каспійського моря

Екологічні проблеми Каспію і його узбережжя є наслідком усієї історії екстенсивного економічного розвитку в країнах регіону. На це накладаються як довгострокові природні зміни (вікові коливання рівня моря, зміна клімату), так і гострі соціально-економічні проблеми сьогоdnішнього дня (перехідний період, економічна криза, конфлікти, впровадження транснаціональних корпорацій і т.п.). Виниклі проблеми стану та забруднення Каспію вимагають термінового вжиття заходів щодо охорони навколишнього середовища в регіоні.

Для оздоровлення та відновлення екологічної обстановки Каспійського моря рішенням урядів п'яти прибережних держав з 1998 р. почала працювати Каспійська Екологічна Програма (Тасіс, ЮНДП, Всесвітній банк) в рамках якої буде розроблений Стратегічний План Дій по оздоровленню екологічної обстановки в регіоні.

Значна частина збитку, що завдається природі людською діяльністю, залишається за рамками економічних розрахунків. Саме відсутність методів економічної оцінки біорізноманіття і екологічних послуг призводить до того, що планують органи прикаспійських країн віддають перевагу розвитку

видобувних галузей і "аграрної індустрії" на шкоду сталого використання біоресурсів, туризму і рекреації.

При освоєнні вуглеводневих ресурсів в басейні Каспійського моря і експлуатації, діючих необхідно проводити природоохоронні заходи.

Регіон Каспійського моря входить в категорію тих екологічних зон, які знаходяться на межі кризи. Отже, всім Прикаспійським державам необхідно розробити і впровадити єдині нормативні, методичні та правові документи при освоєнні вуглеводневої сировини, які б виключали або знижували техногенний вплив на екосистему Каспію. Якщо ці країни будуть спільно, раціонально використовувати природні ресурси, проведуть роботи по збільшенню чисельності рослин і тварин, прискорять виконання природоохоронних заходів, то в такому випадку Каспій буде жити.

Дуже важливі міжнародні служби по негайних дій при аваріях на Каспії. Забезпечення екологічної безпеки, розвиток екологічного моніторингу є пріоритетною проблемою кожної держави.

Забруднення моря від нафтовидобутку в ближній перспективі помітно збільшиться, головним чином в Північному Каспії, з поступовим поширенням в Середній і Південній Каспії уздовж західного берега. Єдиний практичний шлях стримування цього забруднення – законодавче обмеження нафтовидобутку. Однак, даний шлях представляється малоімовірним. Можливість відновлення екосистем Каспію багато в чому залежить від узгоджених дій прикаспійських держав. До сих пір, при великій кількості прийнятих "екологічних" рішень і планів, відсутні системи і критерії контролю екологічної системи. Така система вигідна всім діючим на Каспії господарським суб'єктам, включаючи держструктури, національні і транснаціональні корпорації. Система екологічного моніторингу та наукових досліджень на Каспії є понад централізованої, громіздкою, дорогої і малоефективною, що допускає маніпулювання інформацією та суспільною думкою. Необхідна постійна оптимізація цієї роботи, спрямована на загальне поліпшення служби екологічного моніторингу та вдосконалення механізмів її



діяльності. Можливим виходом з існуючого положення може бути створення міжнаціональної системи, що поєднує функції моніторингу та інформування громадськості.

## ВИСНОВКИ

Каспійське море – найбільше в світі безстічне озеро, на кордоні Європи та Азії, назване морем за величину (371 тис. км<sup>2</sup>) і солоність води. Воно розташовується на кордоні двох частин Євразійського материка, на широкій материковій депресії. Одночасно Каспій є найбільшим закритим природним водоймищем нашої планети. Обсяг води в море складають близько 75 тис. км<sup>3</sup>. Каспійське море живиться водами великих і малих річок: Волги, Уралу, Кури, Араксу, Терека, Самура, Сулака та інших. Близько 82 % річного стоку припадає на р. Волгу.

Каспій витягнутий з півночі на південь на 1200 км. Його ширина складає 300 км. Середня глибина моря 180 м, найбільша в Ленкоранській западині – 1020 м, а найменша – на півночі – 5 м.

Берегова лінія Каспійського моря (довжиною 6000 км) від Самура до Апшеронського півострова слабо порізана. На берегах Апшерону, Мангішлаку і Красноводська знаходяться затоки і бухти. Південніше, уздовж звивистої берегової лінії, розташовані Бакинська Бухта, Кизилагачська затока, Шихова і Куринська коса.

Більшість островів і півостровів розташовані уздовж берегової лінії і утворюють два архіпелаги: Апшеронський (на сході Апшеронського півострова) і Бакинський (на півдні півострова уздовж східного берега моря). Більшість островів утворилися шляхом виверження підводних грязьових вулканів. На багатьох з них добувають нафту і газ.

На відміну від інших морів рівень води в Каспійському морі часто змінюється. Причиною тому є посушливий клімат, який викликає інтенсивне випаровування, тектонічна опускання в південній частині моря, спорудження великих водосховищ на річках, що впадають в море, а також широке використання річкових вод, що впадають в Каспійське море, для зрошення. Рівень Каспійського моря на 28 м нижче рівня світового океану.

У Каспію своєрідний режим вітрів. Середньорічна швидкість вітру змінюється від 2 до 5 м/с. Ураганний вітер має напрямок з північного сходу на південний захід. Під впливом вітру в море утворюються циркулюючі течії.

У надрах Каспійського моря приховані нафтові і газові родовища, які належать Азербайджану, Росії, Казахстану та іншим країнам Каспійського басейну. Багато з цих родовищ розробляються вже десятиліття, серед них Нафтові Камені близько Баку і Мангишлак в Казахстані. Потенціал вуглеводневих ресурсів, що залягають в Каспійському морі, становить не менше 15 млрд. умовного палива в нафтовому еквіваленті.

Головним забруднювачем Каспійського моря є нафтопродукти. Джерелом надходження вуглеводневих забруднень в Каспійське море є транспортування нафти, природне просочування вуглеводнів, промислові скиди і нафтопереробна промисловість, а також виток з прибережних нафтових розробок.

Основний обсяг забруднень (90 % від загального) надходить в Каспійське море з річковим стоком, в тому числі нафтовуглеводні, феноли, СПАР, органічні речовини, метали та ін. Найбільша кількість забруднюючих речовин надходить зі стоком р. Волга, куди скидається 2,5 км<sup>3</sup> неочищених і 7 км<sup>3</sup> умовно очищених стічних вод. У водах р. Волга виявлено перевищення ГДК нафтопродуктів від 8 до 60 разів. В останні роки спостерігається деяке зниження забруднення води в річках, що впадають в Каспійське море, за винятком р. Терек (400 і більше ГДК по нафтовуглеводню). Така ситуація пов'язана з тим, що в р. Терек потрапляє нафта і відходи зі зруйнованою нафтової інфраструктури Чеченської республіки. В цілому для річкового басейну моря характерно дворазове перевищення вмісту нафтопродуктів.

Основні потенційні забруднювачі водного середовища при бурінні і випробуванні свердловин, видобутку, транспортуванні, підготовці та зберіганні нафти і газу – це буровий шлам, бурові та нафтопромислові води, нафта і нафтопродукти, ПАР та ін. Потрапляючи в навколишнє середовище,

забруднювачі призводять до знецінення ресурсів узбережжя, завдають шкоди господарського і культурного діяльності людини.

Головними причинами забруднення навколишнього середовища є:

- конструктивні недоліки морських нафтопромислових газотранспортних систем, технологічного обладнання і систем;
- низький рівень автоматизації та телемеханізації процесів буріння та експлуатації свердловин;
- недосконалість технологічних процесів, в результаті чого виникають ускладнення і порушення режимів;
- відсутність технічних засобів охорони атмосфери і морського середовища, а також ефективних методів очищення та утилізації токсичних технологічних відходів буріння та нафтогазовидобування;
- аварії і т.д.

Найбільш забрудненим нафтопродуктами є район Апшеронського півострова, де ведеться інтенсивний видобуток нафти Азербайджаном.

Нафтові забруднення пригнічують розвиток фітобентоса і фітопланктону Каспію, представлених синьо-зеленими і діатомовими водоростями, знижують вироблення кисню. Збільшення забруднення негативно позначається і на тепло-, газо-, вологообміні між водною поверхнею і атмосферою. Через поширення на значні площі нафтової плівки швидкість випаровування знижується в кілька разів. Забруднення Каспійського моря веде до загибелі величезної кількості рідкісних риб та інших живих організмів. Найбільш наочно вплив нафтового забруднення видно на водоплавних птахів. Неухильно скорочуються запаси осетрових риб.

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку нафтовидобутку на Каспійському морі можна зробити висновок, що масштаби забруднення, якщо не вжити відповідних заходів, будуть лише зростати. У зв'язку з цим, цілком очевидна необхідність створення міжнародної системи моніторингу

нафтових забруднень на основі періодично оновлюваних карт їх розподілу, інтегрованих з базами геоданих.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Физико-географическая характеристика Каспийского моря и его береговой зоны. URL: [http://caspi.ru/HTML/05/Caspy-mon/Glava\\_2.pdf](http://caspi.ru/HTML/05/Caspy-mon/Glava_2.pdf). (дата звернення: 25.05.2017).
2. Моря Атлантического океана – Каспийское море. URL: <http://www.searus.ru/kaspiyskoe.html> (дата звернення: 25.05.2017).
3. Леонтьев О.К., Маев Е.Г., Рычагов Г.И. Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. М.: Изд-во Московского ун-та, 1977. 208 с.
4. Каспийское море. Гидрология и гидрохимия. Под ред. С.С. Байдина, А.Н. Косарева. М.: Наука, 1986. 262 с.
5. Аполлон Б.А. Каспийское море и его бассейн. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 119 с.
6. Кошинский С.Д. Режимные характеристики сильных ветров на морях Советского Союза. 4.1. Каспийское море. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 412 с.
7. Никифоров Л.Г., Рычагов Г.И. Развитие берегов Каспийского моря в условиях современного повышения уровня. Вест. Моск. ун-та. Сер. геогр., 1988. С. 47 – 50.
8. Рычагов Г.И. Плейстоценовая история Каспийского моря. М.: Изд-во МГУ, 1997. 268 с.
9. Каспийское море. Состояние окружающей среды: Доклад временного Секретариата Рамочной конвенции по защите морской среды Каспийского моря и бюро управления и координации проекта «КАСПЭКО». URL: [www.tehranconvention.org/IMG/pdf/Caspian\\_SoE\\_Rus\\_fin.pdf](http://www.tehranconvention.org/IMG/pdf/Caspian_SoE_Rus_fin.pdf). (дата звернення: 25.05.2017).
10. Большая Советская энциклопедия. Т. 29. Чаган: Экс-ле-Бен. 1978. 640 с.

11. Лосиков Б.В. Нефтепродукты: свойства, качество, применение. Справочник. Москва: Химия, 1966. 776 с.
12. Судак М.М. Нефть и горючие газы в современном мире. М.: Недра, 1984. 345 с.
13. ГОСТ 28576-90 (ИСО 8681-86) Нефтепродукты и смазочные материалы. Общая классификация. Обозначение классов. URL: <http://neftegaz.ru/standarts/view/934>. (дата звернения: 29.05.2017).
14. Анатолий Л. Бобровський. Екологія поверхневих вод: У 2 кн. Кн. 1: Гідроекосистеми: основні поняття і принципи: Підручник. Рівне, 2005. 319 с.
15. Израэль Ю.А., Цыбарь А.В. Антропогенная экология океана. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 528 с.
16. Озмидов Р.В. Диффузия примесей в океане. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 279 с.
17. Алекин О.А., Ляхин Ю.И. Химия океана. Л.: Гидрометеиздат. 1984. 344 с.
18. Радонова И.А. Глобальные проблемы человечества. М.: Аспект-Пресс, 1994. 453 с.
19. Кахраманлы Ю.Н. Пенополимерные нефтяные сорбенты. Экологические проблемы и их решения. Баку: «ЭЛМ». 2012. 305 с.
20. Татаряев Т.М., Фараджанова Л.Н., Микаилова Г.Г., Рагимов Э.Р., Новрузова К.Г. Оценка загрязнения Каспийского моря нефтепродуктами по данным ИСЗ. URL: <http://static.bsu.az/w8/Heberler%20Jurnali/Tebiet%202010%203/167-171.pdf>. (дата обращения: 03.05.2017).
21. Ермошкин И. Загрязнение Каспийского моря нефтепродуктами // Геоинформационные системы для бизнеса и общества: электрон. версия газ. 2003. № 4 (27). URL: [www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php](http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php) (дата обращения: 03.05.2017).

22. Гаврилов В.П. Экологические проблемы Каспийского моря. // Нефтегазовая геология. Геофизика. Труды РГИ нефти и газа им. И.М.Губкина № 4 (265). 2011. С. 37 – 45.