



Загальна океанографічна характеристика Чорного та Азовського морів

Чорне та Азовське моря належать до басейну Атлантичного океану. Води Чорного моря омивають береги України, Росії, Грузії, Туреччини, Болгарії та Румунії, а води Азовського – береги України й Росії. Між собою моря сполучаються мілководною Керченською протокою; межа проходить по лінії мис Такіл – мис Панагія. Чорне море протокою Босфор (межа по лінії мис Румелі – мис Анadolу) сполучається із Мармуровим морем і далі протокою Дарданелли – із Середземним. Найбільша довжина Чорного моря по паралелі 42°29' пн. ш. становить 1148 км; найбільша ширина – між Очаковом і мисом Ереґлі – 611 км, а найменша – по меридіану південної точки Криму (мис Сарич) – 258 км. Найбільша довжина Азовського моря – від коси Арабатська Стрілка до гирла р. Дон – 360 км, а найбільша ширина – 176 км. Середня глибина Чорного моря становить 1300 м, максимальна – 2245 м; Азовське море мілководне – середня глибина його 7 м, максимальна – 15 м.

Площа Чорного моря дорівнює 423 тис. км²; об'єм води – 538 тис. км³. Площа Азовського моря дорівнює 39 тис. км², об'єм води у ньому – 290 км³. Середній рівень Чорного моря є нижчим за середній рівень Азовського на 7-11 см та вищим за рівень Мармурового моря на 22 см.

Чорне море належить до типу внутрішніх міжматерикових океанічних морів, а Азовське – до внутрішньо-материкових шельфових.

У будові дна Чорного моря виділяються області з корою континентального, субконтинентального і субокеанічного типів. У рельєфі дна чітко простежуються континентальний шельф, материковий схил, материкове підніжжя і глибоководна западина. Шельф займає близько 25% площі дна моря. Максимальна його ширина (200-250 км) на північному заході, а біля Південного берега Криму, кавказького й анатолійського узбережжя вона всього декілька кілометрів. Шельф поділяється на внутрішній (іноді співпадає з підводним схилом берегової зони), середній та зовнішній. Поверхня шельфу дуже повільно (під кутом 0-1°, подекуди – до 2,5°) знижується у напрямку глибокої западини. На материковий схил припадає майже 40% дна; обмежується він ізобатами 100 і 2000 м. Дно западини (глибше ізобати 2000 м) займає майже 35% морського дна і являє собою слабко нахилену у південному напрямку акумулятивну рівнину.

Материковий схил простягається майже на 1600-1900 м і є досить крутим. Найчастіше він опускається під кутом 11-13°, але у деяких місцях спуск сягає 28-31°, а максимальний показник його крутизни – 38°. Прикладом цього є ділянки уздовж Південного берега Криму, зокрема навпроти мисів Нікітин, Аю-Даг, та уздовж Малоазійського узбережжя (навпроти мисів Чамлі, Ишикли, Демірлі). Поверхня материкового схилу ускладнюється блоками земної кори, які часто надають йому ступінчастий профіль.

Значній площі материкового схилу притаманні підводні каньйони різного походження. Вони можуть починатися у прибережній зоні на глибинах 10-15 м та сягати глибин 1600 м. Каньйони сприяють найефективнішому переміщенню осадового матеріалу від берегів до глибоководної западини Чорного моря. У найглибшій частині каньйону, переважно на глибинах 1600-1900 м, перенесений осадовий матеріал утворює великі конусоподібні відкладення. Окремі конусоподібні утворення можуть зливатися один з одним, що призводить до утворення акумулятивної форми – материкового підніжжя. Швидкість осадонакопичення на дні центральної частини западини в середньому становить 30-40 мм на 1000 років.

Дно Азовського моря переважно рівнинне, з рівномірним наростанням глибини у напрямку центра западини. На ньому спостерігається кілька підвищень, з яких найбільшою є банка Піщана.

Товщу відкладів, що покривають дно Чорного моря, можна поділити на одинадцять речовинно-генетичних типів. Шість типів належать до мілководних і п'ять – до глибоководних. Усі типи донних відкладів безперервно змінюють свій гранулометричний та речовинний склад, переходячи з одного речовинно-генетичного типу в інший. Переважають теригенні слабовапнисті алевроито-пелітові та пелітові мули, на другому місці – біогенно-теригенні пелітові мули. Майже однаково поширені біогенні сильновапнисті та сапропелеві мули. Для наймолодших відкладів характерне зниження вмісту теригенних компонентів при одночасному зростанні біогенних. Загальною закономірністю утворення глибоководних відкладів Чорного моря в голоцені є домінуюча роль теригенної седиментації, причому ступінь її для різних частин басейну різний (менше у західній частині, більше – у східній). В областях халістаз сучасного басейну переважаючим є біогенний чинник, роль якого в осадонакопиченні почала зростати з пізньочетвертинного часу, змінюючи співвідношення теригенного і біогенного матеріалів в осадах.

Протяжність берегової лінії Чорного моря згідно з вимірами по топографічній карті масштабу 1:100 000 становить 4725 км, з яких 1629,1 км (34,5%) знаходиться у межах України. В інших країнах протяжність берегової лінії така: 410 км (8,7%) у Росії, 315 км (6,7%) у Грузії, 1701 км (36,0%) у Туреччині, 385 км (8,1%) у Болгарії та 285 км (6,0%) у Румунії. Загальна довжина берегів Азовського моря становить 1860 км.

Порізаність берегової лінії Чорного моря є порівняно незначною, виняток становлять низовинні береги його північно-західної частини, які порізані затоками й лиманами. Північно-західний берег Чорного моря невисокий. На схід від Севастопольської бухти береги помітно кругішають. Береги Керченського півострова майже по всій його протяжності обривисті, за винятком ділянок з пересипами, лиманами та лагунами. Північно-

General oceanographic background of the Black Sea and the Sea of Azov

The Black Sea and the Sea of Azov belong to the Atlantic Ocean basin. Waters of the Black Sea wash the shores of Ukraine, Russia, Georgia, Turkey, Bulgaria and Romania, and the Sea of Azov waters – those of Ukraine and Russia. The seas are connected by the shallow Kerchens'ka Strait. They border along the line Takyl Cape – Panagiia Cape. The Black Sea is connected with the Sea of Marmara by the Bosphorus Strait (the border is denoted by the line Rumeli Cape – Anadolu Cape) and farther through the Dardanelles Strait – with the Mediterranean Sea. The maximum length of the Black Sea (along 42°29' N) is 1148 km, its maximum width (between the town of Ochakiv and Ereğli Cape) is 611 km, and its minimum width lies along the meridian of the southern point of the Crimea (Sarych Cape) and amounts 258 km. The maximum length of the Sea of Azov (between the Arabats'ka Strilka Beak and the Don River Mouth) is 360 km and its maximum width is 176 km. The average depth of the Black Sea is 1300 m and maximum one is 2245 m. The Sea of Azov is shallow: its average depth is 7 m and maximum one is 15 m.

The area of the Black Sea is about 423 thousand km², the volume of water in the sea is about 538 thousand km³. The area of the Sea of Azov is about 39 thousand km², the volume of the seawater is 290 thousand km³. The average level of the Black Sea is 7-11 cm lower than that of the Sea of Azov and 22 cm higher than that of the Sea of Marmara.

The Black Sea belongs to the type of inland intercontinental oceanic seas, and the Sea of Azov is an inland shelf sea.

The Black Sea bottom structure includes the regions with continental, subcontinental and subocean crust. In its topography shelf, continental slope, continental subslope and abyssal depression are distinctly observed. The shelf occupies about 25% of the sea bottom area. The shelf maximum width (200-250 km) is in the northwest; near the Southern coast of the Crimea, the Caucasian and the Anadolu shores its width is several kilometers. Its surface slopes down very gradually in the direction of the abyssal depression at an angle of 0-1°, somewhere reaching 2.5°. The shelf is divided into interior (that may coincide with the underwater slope of the coastal zone), intermediate and exterior ones. The continental slope constitutes almost 40% of the bottom and is bounded by the isobaths of 100 and 2000 m. The depression bottom (below the isobath of 2000 m) makes almost 35% of the bottom area and represents an accumulation plain slightly inclined southward.

The continental slope spreads as far as 1600-1900 m. It has a considerable gradient mainly about 11-13°. The highest values are in limits 28-31° with maximum reaching 38°. The regions along the Southern coast of the Crimea (in particular, opposite the Nikityn and Aiu-Dah Capes) and along the Asia Minor coast (in particular, opposite Camlı, Işıklı, Demirli Capes). The surface of continental slope is complicated with blocks of the earth's crust that often give it a graduated profile.

The most part of the continental slope is complicated with underwater canyons of different origin. They can begin in the coastal zone at a depth of 10-15 m and reach 1600 m. The canyons are the most powerful means of transferring sedimentary material from the coast to the abyssal depression of the Black Sea. In the deepest part of the canyon the transferred sedimentary material forms big cones at a depth mainly 1600-1900 m. Individual cones can join that brings to formation of accumulative matter of the continental subslope. The mean rate of deposit accumulation at the bottom in the central part of the abyssal depression is usually 30-40 mm/1000 years.

The predominantly flat bottom of the Sea of Azov descends gradually to the depression center. At the bottom there are a few positive forms of relief, the largest of them being the Pischana Bank.

The thickness of deposits, which cover the bottom of the Black Sea, is dismembered on eleven material-genetic types. Six types are shallow and five – deep-water. Between all types of the deposits there are the continuous transfer conditioned by the gradual change of their grain-size and material composition. Terrigenous less calcareous aleuropelitic and pelitic silts prevail, on the second place are biogenic-terrigenous pelitic silts. Almost identically widespread biogenic much calcareous and sapropelic silts. There is the decline of content of terrigenous components in the youngest deposits and simultaneous growth of biogenic. In Holocene the dominant role of terrigenous sedimentation is common consistent pattern of formation of deep-water deposits of the Black Sea, its importance being not the same for different parts of the basin (less in western, more in eastert part). In the regions of halystases of modern basin a biogenic factor is determining, the role of which in sediment accumulation increases from late Quarternary time, changing correlation of terrigenous and biogenic material in sediments.

The length of the Black Sea coastline is 4725 km according to the measurements on the 1:100 000 scale topographic map and 1629.1 km (34.5%) of them are located within Ukraine. In other countries it makes: 410 km (8.7%) in Russia, 315 km (6.7%) in Georgia, 1701 km (36.0%) in Turkey, 385 km (8.1%) in Bulgaria and 285 km (6.0%) in Romania. The total length of the Sea of Azov shores is 1860 km.



східний берег Чорного моря здебільшого високогірний. Виняток становить низинний район між мисами Панагія та Анапський на узбережжі Таманського півострова. На сході до моря примикає велика Колхідська низовина. Південний берег, на відміну від східного, високий та обривистий майже вздовж усієї системи Північно-Таврійських гір. Місцями він переривається рівнинними низовинами в гирлових районах (дельтах) великих річок Кизилірмак, Єшілірмак, Фільос, Сакар'я. Берег західніше протоки Босфор порівняно невисокий, з поступовим переходом до низинного. На північ від гирла р. Резовська розташовані узбережжя Странджицьке та Меденрудницьке впритул до Бургаської затоки. Далі знову тягнеться низький берег до Варненської затоки. Миси на цій ділянці з боку моря круто обриваються. Від високого мису Каліакра до дельти Дунаю берег знижується, поступово переходячи у велику рівнину цієї дельти.

Береги Азовського моря на заході, півночі і сході переважно низинні, а на півдні – обривисті. Характерним елементом для цього морського узбережжя, як і для чорноморського, є наявність лиманів та лагун, особливо у північно-західному секторі. Типовим тут є вторинне членування з формуванням великих піщано-черепашкових кіс та різнотипних пересипів. Вони відділяють від моря низку мілководних заток і лиманів. Найбільша з кіс – Арабатська Стрілка – відокремлює мілководну лагуну – затоку Сиваш. Незначні підвищення являють собою активні кліфи, швидкість абразії в середньому на рік становить від 0,3 до 2,7 м – на півночі, від 0,2 до 4,5 м – на сході та <0,5 м – на півдні. Акумулятивні форми розвиваються у режимі критичного дефіциту наносів, на сучасному етапі спостерігається відчутне розмивання, інколи утримується динамічна рівновага.

Кліматичні умови Чорного та Азовського морів визначаються їх географічним положенням і загальною атмосферою циркуляцією. Північна частина Чорного моря і Азовське море знаходяться у південній частині помірного, а південна частина Чорного моря – у північній частині субтропічного кліматичних поясів. Середня температура повітря у січні у центральній частині Чорного моря становить +8° С, у північно-західній вона знижується до 0-3° С нижче нуля з абсолютним мінімумом -30° С. Середня температура повітря у липні становить 22-24° С, а найвища – близько 35° С. В Азовському морі холодні зими (до -33° С) можуть поєднуватися із сухим і спекотним літом (до +40° С). Річна кількість опадів над Азовським морем, на заході та північному заході Чорного моря становить 300-500 мм, на півдні Чорного моря – 700-800 мм, на сході – 1800-2500 мм. На більшій частині акваторії Чорного моря переважають північні і північно-східні вітри; для південно-східної частини моря характерні вітри південних і південно-східних напрямів. Середньомісячна швидкість вітру є максимальною у січні-лютому (7-8 м/с) і мінімальною у червні-липні (4-5 м/с). Постійний максимум швидкості вітру спостерігається у західній частині Чорного моря, мінімум – у південно-східній.

Крижаний покрив на Азовському морі утворюється щорічно. У суворі зими він поширюється на значну частину моря, а в окремі роки і на всю його площу. У м'які зими крига спостерігається у лиманах, затоках і уздовж берегів. У Чорному морі льодоутворення, яке впливає на судноплавство, спостерігається лише у північно-західній частині. Щорічно припай утворюється у лиманах і затоках. Цілковите замерзання відкритих районів північно-західної частини моря можливе лише у дуже холодні зими.

У Чорне море впадає багато річок. Їх сумарний стік упродовж року дорівнює 350 км³. Близько 80% такого стоку надходить у північно-західну частину моря (річки Дунай, Дніпро, Дністер, Південний Буг). Сумарний стік річок (найбільші – Дон і Кубань) в Азовське море становить в середньому 35 км³ на рік.

Температура води у Чорному морі коливається від значень температури замерзання (-0,97° С при солоності 18‰, -0,54° С при солоності 10‰) у прибережній зоні північної частини моря до +28-29° С при максимальному його прогріванні. По всьому об'єму моря середня температура води становить близько 9° С вище нуля. Для термічної структури Чорного моря характерна наявність холодного проміжного шару – підповерхневого (на глибині 40-80 м) шару мінімуму температури, який традиційно виділяється по ізотермі 8° С. Нижче 75-100 м температура води зі зростанням глибини поступово підвищується до значень 9,1° С біля дна.

Середня температура води в Азовському морі становить 11,5° С. Взимку температура на поверхні моря знижується – у районах з високою солоністю до -1° С (затока Сиваш), а у районах з низькою солоністю – до -0,1° С. У липні-серпні температура води на більшості акваторії становить 24-25° С (біля берегів – близько 32° С).

Солоність поверхневого шару води у Чорному морі (18‰) майже удвічі нижча за солоність поверхневих вод Світового океану, а солоність Азовського моря є ще нижчою (10-12‰). Середня солоність вод Чорного моря зростає залежно від глибини – на поверхні 17,6‰ у травні і 18,1‰ у лютому, біля дна – 22,33‰. До глибинних вод з Нижньобосфорською течією надходять високосолоні води з Мармурового моря. Для вертикальної галінної структури моря характерна наявність двох галоклінів (шарів різкої зміни солоності): сезонного – у шарі 0-30 м і постійного – у шарі 50-200 м.

Внаслідок особливостей термогалінної структури вод Чорного моря на глибинах 50-200 м спостерігається різкий стрибок густини води (умовна густини досягає 16,15-16,25), що називається основним пікнокліном. Це призводить до суттєвого обмеження вертикального водообміну.

Водні маси і структура вод Чорного моря формуються в результаті взаємодії водної маси Мармурового моря, яку приносить Нижньобосфорська течія, і прісних вод, що надходять з річковими стоками і з атмосферними опадами. Виділяють до п'яти чорноморських водних мас, що різняться за своїми термогалінними характеристиками: прибережна чорноморська водна маса, верхня чорноморська водна маса, холодний проміжний шар, проміжна чорноморська водна маса і, нарешті, глибинна чорноморська водна маса. Водна маса Азовського моря формується в результаті водообміну з Чорним морем і надходження прісних вод.

The Black Sea coastline is slightly indented, only the low-lying shores of its northwestern part are cut by bays, inlets and estuaries. The northwestern coast of the Black Sea is low. To the east of the Sevastopol's'ka Bay the coast noticeably rises. The Kerchens'kyi Peninsula shores are precipitous almost along the whole length except for the regions of barrier spits of limans and lagoons. The northeastern coast of the Black Sea is mainly high mountainous except for the lowland area between the Panagiia and Anaps'kyi Capes on the Tamans'kyi Peninsula coast. In the east the vast Kolkhids'ka Lowland approaches the sea. The southern coast of the sea is high and precipitous almost everywhere along the Northern Tavr Mountains system. It is interrupted with flat lowlands in the estuaries of large rivers such as Kızılırmak, Yeşilirmak, Filyos, Sakarya. The coast west off the Bosphorus Strait is rather low and descends to lowland. The Strandzhyts'ke and Medenrudnits'ke high coasts begin from the Rezovs'ka River estuary and reach the Burgas'ka Gulf. Then there is a low coast as far as the Varnens'ka Gulf. The capes in this part drop steeply towards the sea. From the Kaliakra Cape to the great plain of the Danube River Delta the coast gradually descends.

The shores of the Sea of Azov in the west, north and east are mainly low, whereas in the south they are steep. Like in the Black Sea, the existence of limans and lagoons is a characteristic feature especially in the north-west part. The second division with formation of large sand and shell spits as well as of barrier spits of different kinds is typical. They separate a number of shallow bays and limans from the spit sea. The largest of them, the Arabats'ka Strilka Beak, separates the shallow Syvash Gulf. At some high places there are active cliffs, the rate of abrasion is from 0.3 to 2.7 m/year in the north, from 0.2 to 4.2 m/year in the east, and <0.5 in the south. Accumulative forms develop under conditions of critical lack of deposits; they are subjected to current erosion sometimes being in dynamic equilibrium.

Climatic conditions of the Black Sea and the Sea of Azov are determined by their geographical position and general atmospheric circulation. The northern part of the Black Sea and the Sea of Azov are located in the southern part of the moderate climate zone, and the southern part of the Black Sea – in the northern part of the subtropical climatic belt. In January mean air temperature above the central part of the Black Sea is 8° C, in the north-western part it decreases to 0-3° C with the absolute minimum -30° C. Mean air temperature in July is 22-24° C with its maximum 35° C. In the Sea of Azov cold winters (up to -33° C) can be followed by dry and sultry summers (up to 40° C). The annual amount of precipitations over the Sea of Azov and the west and north-west of the Black Sea is 300-500 mm, on the south of the Black Sea – 700-800 mm, and on the east – 1800-2500 mm. Above the greater part of the Black Sea northerly and north-easterly winds prevail, whereas southerly and south-easterly ones are typical of its south-eastern part. Average monthly wind speed is maximal in January-February (7-8 m/s) and minimal – in June-July (4-6 m/s). Constant maximum wind speed is observed in the western Black Sea, and the minimum one – in its south-east part.

Ice is formed on the Sea of Azov every year. In severe winters it covers a considerable part and sometimes even the entire surface of the sea. In mild winters, ice is found in estuaries, bays, and along the coast. In the Black Sea ice that can hamper navigation is found only in the north-western part. Fast ice is formed annually only in the bays and estuaries. Complete freezing of the open areas in the northwestern part of the sea is possible only in very cold winters.

A great number of rivers flow into the Black Sea. Their total runoff amounts up to 350 km³/yr. About 80% of the river runoff (Danube, Dniro, Dniester and Pivdennyi Buh) flows into the north-western part of the sea. Total river runoff (Don and Kuban' are the largest ones) into the Sea of Azov averages 35 km³/yr.

In the coastal zone of the northern part of the Black Sea water temperature varies from the values of water freezing (-0.97° C at the salinity 18‰ and -0.54° C at the salinity 10‰) to 28-29° C under maximum warming-through. Mean water temperature in the Black Sea is about 9° C. The thermal structure of the Black Sea is characterized by presence of cold intermediate layer, i. e. subsurface (40-80 m) layer of minimum temperature which is traditionally distinguished by the isotherm 8° C. Below 75-100 m temperature monotonically increases with depth up to 9.1° C on the bottom.

Mean water temperature in the Sea of Azov is 11.5° C. In winter on the sea surface in the regions of high salinity it decreases up to -1° C (Syvash Gulf), and in the low salinity regions – to -0.1° C. In July and August water temperature in the major part of the sea is 24-25° C (near the coast – up to 32° C).

Salinity of the Black Sea surface layer (18‰) is almost half as much as that of the World Ocean surface water, salinity in the Sea of Azov is even lower (10-12‰). Average salinity in the Black Sea increases monotonically from the surface (17.6‰ in May and 18.1‰ in February) to the bottom (22.33‰). The abyssal part of the sea receives highly saline water of the Sea of Marmara with the Lower Bosphorus current. The vertical haline structure is characterized by presence of two haloclines (the layers of salinity sudden change): the seasonal one – in the 0-30 m layer and the constant one – in the 50-200 m layer.

The peculiarities of the thermohaline structure of the Black Sea water consist in a sudden change of density (conventional density reaches 16.15-16.25) called a main pycnocline. It results in a considerable restriction of the vertical water exchange.

The water masses and the structure of the Black Sea water are formed as a result of interaction of the Sea of Marmara water mass brought by the Lower Bosphorus current and fresh water from rivers and precipitations. Five types of the Black Sea water masses are distinguished. They differ in their thermohaline characteristics: the coastal Black Sea water mass, the upper Black Sea water mass, the cold intermediate layer, the intermediate Black Sea water mass and the abyssal Black Sea water mass. The water mass of the Sea of Azov is formed by the water exchange with the Black Sea and by the fresh water inflow.



У Чорному морі переважає циклонічний рух водних мас, що у період з червня по грудень поділяється на два циклонічні кругообіги у західній і східній частинах моря. В цей само період, при зниженні інтенсивності загальної циркуляції моря, починають розвиватися антициклонічні вихори, що локалізуються у зоні материкового схилу. Течії в Азовському морі переважають чиним вітрового походження і циклонічного характеру. Найскладнішою є структура течій у Керченській протоці, де потоки можуть спрямовуватися з Чорного моря в Азовське і навпаки – залежно від напрямку вітру, а при довготривалих вітрах у протоці виникають компенсаційні течії, направлені проти вітру.

Гідрохімічна структура Чорного моря характеризується наявністю незначного поверхневого шару аеробних вод, що містять розчинений кисень, і потужного глибинного анаеробного шару, в якому немає кисню, а є сірководень і його похідні. Можливість появи сірководню визначається наявністю окиснювачів і відновників, в першу чергу співвідношенням потоків кисню і органічної речовини. У глибинних водах Чорного моря спостерігається дефіцит окиснювачів. У значній мірі це пов'язано зі зміною густини вод, що призводить до істотного обмеження вертикального потоку кисню, тоді як потік осідаючої завислої органічної речовини підтримує високий рівень відновлювальних біогеохімічних процесів, що сприяє продукуванню і накопиченню сірководню.

Гідрохімічна структура водного шару над основним пікнокліном. Процеси її формування аналогічні тим, що спостерігаються у водах більшої частини Світового океану, які містять розчинений кисень. Кисень продукується у верхньому 30-40-метровому фотичному шарі моря, або поступає туди з атмосфери, а потім переноситься завдяки фізичним процесам водообміну у більш глибокі шари. Кисень витрачається на окиснення органічної речовини. При цьому органічний вуглець і біогенні елементи (азот, кремній, фосфор) переходять у неорганічні форми. З цим пов'язане зменшення, залежно від глибини, концентрації кисню і збільшення концентрації нітратів, силікатів і фосфатів, а також збільшення карбонатної лужності.

Гідрохімічна структура шару основного пікнокліну є перехідною від аеробних до анаеробних умов. У цьому шарі концентрація кисню зменшується спочатку до субаеробного рівня (10 мікромоль/л), а потім кисень зникає ближче до межі появи сірководню. Зміна окиснювально-відновлювальних умов призводить до того, що форми азоту поступово з глибиною змінюються від нітратів до амонію. При цьому спостерігається максимальний вміст нітратів над верхньою межею субкисневого шару, зменшення вмісту нітратів аж до їх зникнення поблизу межі появи сірководню, поява у нижній частині субкисневого шару амонію і зростання його концентрації зі зростанням глибини, а також поява шару підвищених концентрацій нітриту у нижній частині субкисневого шару. Вміст силікатів не піддається впливу окиснювально-відновлювальних умов, що змінюються, а їх концентрація з глибиною збільшується. Вертикальний розподіл фосфатів характеризується наявністю локального мінімуму у нижній частині субкисневого шару і максимуму у верхній частині анаеробної зони.

Гідрохімічна структура вод нижче основного пікнокліну характеризується посиленням з глибиною анаеробних умов. Кисень відсутній. Кількість сірководню, амонію, силікатів і фосфатів збільшується, досягаючи максимальних значень у придонному шарі вод.

Процес формування сучасної флори і фауни Чорного моря триває впродовж останніх 5-8 тис. років, після чергового його сполучення зі Світовим океаном. Нині за своїм генезисом у басейні моря виділяють чотири основні групи гідробіонтів: середземноморські іммігранти – найчисельніші за видовим і кількісним складом; понтичні автохтонні релікти; прісноводні види й інтродуценти.

У межах економічної зони України, за останніми даними, виявлено близько 150 видів зоопланктонних організмів, серед яких є кілька видів-вселенців. Разом із тим деякі аборигенні види повністю зникли, включаючи важливі кормові об'єкти живлення для личинок риб. За оцінками 90-х років ХХ ст. вміст «кормового» зоопланктону у верхньому заселеному шарі (до глибин 150-200 м) коливався у межах від 1 до 25 г/м². Різке зниження чисельності й біомаси «кормового» зоопланктону співпало у цей період із вселенням гребінника мнеміопсиса.

Флора макрофітів української частини шельфу Чорного моря нараховує понад 270 видів, у тому числі 4 види морських трав і 2 види квіткових рослин. У альгофлорі домінують червоні водорості (близько 140 видів), а кількість бурих і зелених майже однакова і більше ніж удвічі менша.

Рослинні угруповання поширені на глибині від 0 до 20 м, однак найбільші зарості макрофітів зосереджено на глибині від 1 до 5 м. Протягом останніх десятиліть відбулися істотні зміни у складі і структурі цистозірових і філофорових фітоценозів. Ці зміни найбільш виражені у північно-західній частині Чорного моря і у низці районів біля кримського узбережжя.

Основними показниками стану іхтіопланктонних угруповань є видовий склад, чисельність ікри та личинок, а також виживання личинок у різних умовах. На початку 90-х років минулого століття чисельність іхтіопланктону, порівняно з 50-60 роками, скоротилась на 1-2 порядки, а частка мертвої ікри збільшилась від 40 до 80% і більше. У 2000-2003 роках частка мертвої ікри знову зменшилась приблизно до 70%.

Іхтіофауна Чорного моря налічує майже 200 видів і підвидів, включаючи випадкових прісноводних і морських риб, відомих за поодинокими знахідками. Основу іхтіофауни – близько 140 видів і підвидів – становлять власне морські риби, які, в свою чергу, поділяються на дві підгрупи: середземноморські іммігранти і бореально-атлантичні релікти. Середземноморські види заселяють переважно верхній шар, що прогрівається. З них понад 60 видів повністю натуралізувались аж до утворення ендемічних підвидів, і всі стадії їх життєвого циклу пов'язані з Чорним морем. Інші регулярно мігрують у теплий період року на нагул з інших морів Середземноморського басейну. Бореально-атлантична підгрупа представлена 13 видами, що мешкають теплої пори року переважно в охолоджену підповерхневу шарі й проникають у поверхневий шар у зимовий період. Група солонуватоводних риб нараховує 22 ендемічні або спільні з Каспійським морем види і підвиди, які

In the Black Sea the cyclonic water motion prevails. It breaks up into two cyclonic circulations in the western and eastern parts of the sea in June – December. In the same period under the decreased intensity of the general circulation of the sea, the anticyclonic eddies are developed localizing in the zone of the continental slope. The Sea of Azov currents are mainly caused by wind being of cyclonic character. The current structure in the Kerchens'ka Strait where the water flows can be directed from the Black Sea to the Sea of Azov and vice versa depending on the wind direction is the most complex. Under the prolonged winds the compensation currents directed against the wind occur in the strait.

The Black Sea biogeochemical structure varies dramatically from the surface to bottom layers of water. There is a relatively thin upper oxic layer, where dissolved oxygen is abundant, and a thick deep anoxic layer, where oxygen is absent, while sulfide and other reduced sulfur species are plentiful. The overall redox budget and particularly the fluxes of oxygen and organic matter govern the possibility of sulfidic conditions. Oxidants are in lack in the Black Sea deep waters. The major reason for that is the presence of the permanent pycnocline that dramatically restricts the downward flux of oxygen, while the flux of sinking organic matter easily reaches the deepest layers and supports intensive anaerobic respiration of organic carbon. This produces and builds up the stock of sulfide.

The biogeochemical structure of the layer above the permanent pycnocline and the processes that govern this structure are very similar to those in the major oxic part of the World Ocean. Oxygen is euphotically produced in the upper 30 to 40 meter layer of water or it is transported from the atmosphere. Physical exchange processes support the flux of oxygen from the upper to deeper layers of water. Oxygen reacts to organic matter. This results in consumption of oxygen, while organic carbon and nutrients are converted to their inorganic forms. The concentration of oxygen decreases, while the concentration of inorganic nutrients and the alkalinity increases with depth.

The biogeochemical structure of the permanent pycnocline reveals dramatic redox transformations from oxic to anoxic conditions. The oxygen concentration decreases to 10 μM at the upper suboxic boundary, then oxygen expires near the sulfide onset. Changing redox conditions support nitrate to ammonium transition of inorganic nitrogen. The maximum of nitrate is traced above the upper suboxic boundary, and then the nitrate decreases with depth to completely expire near the sulfide onset. Ammonium starts to grow in the lower suboxic zone, where the peak of nitrite is traced. Varying redox conditions do not affect silica, and the concentration of silicate increases with depth. There is a local minimum of phosphate in the lower suboxic zone, and a local maximum of phosphate is traced in the upper anoxic zone.

The biogeochemical structure below the permanent pycnocline reveals strengthening of anoxic conditions with depth. Oxygen is absent. Concentrations of sulfide, ammonium, silicate, and phosphate increase and reach their maxima in the bottom layer of water.

The process of formation of contemporary flora and fauna of the Black Sea has been going on for the last 5-8 thousand years after its recurrent joining with the World Ocean. At present, according to their genesis, four main groups of hydrobionts are distinguished: Mediterranean immigrants, the most numerous in species and quantitative composition; Pontian autochthonous relicts; freshwater species; and the introduced species.

According to the present notions, within the Ukrainian economic zone about 150 species of animal plankton have been discovered, among which there are several invading ones. At the same time some indigenous species have become extinct, including important foodstuff for fish larvae. According to the estimations of the 90ies, the content of «fodder» zooplankton in the upper populated layer (150-200 m depth) varied from 1 to 25 g/m². Sharp decrease of quantity and biomass of the «fodder» zooplankton in the 90ies coincided with the invasion of the comb jellyfish (*Mnemiopsis leidyi*).

Macrovegetation in the Ukrainian part of the Black Sea shelf numbers more than 270 species, including 4 species of seagrass and 2 species of flowers. In the algaflora red algae (almost 140 species) dominate, the amounts of brown and green algae are similar and half as much, respectively.

Plant associations are common on the depth 0-20 m, but the largest thickets of macrophytes are concentrated within 1-5 m. During the last decades essential changes took place in composition and structure of *Cystoseira* and *Phyllophora* phytocenoses. They are most evident in the northwestern part of the Black Sea and in some places near the Crimean coast.

Species composition, the amount of spawn and larvae, and larvae survival under different conditions are major indicators of the state of ichthyoplankton associations. In the early 90ies the amount of ichthyoplankton became by 1-2 orders of magnitude less in comparison with that in the 50ies-60ies, and the part of dead spawn increased from 40% to 80% and more. In 2000-2003 a part of dead spawn decreased approximately to 70%.

The ichthyofauna of the Black Sea numbers almost 200 species and subspecies including stray fresh- and salt-water fishes known by single finds. Seawater fishes (about 140 species and subspecies) make up the major part of ichthyofauna and, in their turn, are classified into two groups: Mediterranean immigrants and Boreal-Atlantic relicts. Mediterranean species inhabit mainly the upper warmed-through layer. More than 60 species of them have naturalized completely, even to the formation of endemic subspecies, and all the stages of their life cycle are connected with the Black Sea. Other species regularly migrate to feed from the other seas of the Mediterranean in the warm period of the year. The Boreal-Atlantic subgroup is represented by 13 species which during the warm period of the year live mainly in the cold subsurface layer and get into the surface layer in winter. The group of brackish-water fishes numbers 22 endemic or common with the Caspian Sea species and



є автохтонними реліктами солонуватоводного нижньопліоценового Понтичного озера-моря. Анадромні прохідні і напівпрохідні риби представлено 25 видами, які мають давнє походження – приблизно 1,5-2 млн. років. Штучно акліматизована в Азово-Чорноморському басейні далекосхідна кефаль (піленгас).

Чорне та Азовське моря мають велике економічне значення як перспективний регіон видобутку вуглеводневої сировини та район промислу риби, а також як важлива транспортна магістраль. Має він і величезний рекреаційний потенціал.

У межах акваторії цих морів лежать значні поклади корисних копалин. Деякі з цих родовищ промислово експлуатуються. Родовища вуглеводневої сировини розвідано на північно-західному шельфі, перспективні поклади газогідратів – в області халістаз та материкового схилу. Залізні, марганцеві та хромові руди зустрічаються ближче до прибережної зони. Ділянки поширення залізо-марганцевих конкрецій (перспективних руд) виявлено на шельфі та у верхній частині материкового схилу уздовж північних, західних і південних берегів Чорного моря. Розсіпні родовища важких металів та титано-ільменіту віднайдено на шельфі у тектонічній зоні альпійського орогенезу. Уздовж підніжжя материкового схилу західної частини Чорного моря зустрічаються ділянки відкладів, збагачених ураном. Біля Південного берега Криму, кавказького берега та північно-східних берегів Туреччини відомі підводні джерела прісних вод, придатних для використання. Інтенсивно експлуатуються родовища будівельного піску. Наявність грязевих вулканів вказує на активні тектонічні процеси і є ознакою нових родовищ корисних копалин.

Чорне та Азовське моря донедавна були найбільш рибопродуктивними у Середземноморському басейні. Проте надмірний рівень антропогенного впливу в останній чверті ХХ ст. призвів до значного зниження їх продуктивності. Основними промисловими видами риб в Азово-Чорноморському басейні протягом останніх десятиріч є шпрот і камса. У Чорному морі частка цих видів від загального вилову України становить понад 98%. В Азовському морі промисел базується на тюльці, камсі, піленгасі й судаку, спостерігається відновлення запасів бичків. Занепокоєння викликає стан запасів найцінніших видів риб Азово-Чорноморського басейну – осетрових, чорноморського лосося та камбали калкан.

Найбільшими портами України є Ізмаїл, Іллічівськ, Одеса, Южний, Миколаїв, Херсон, Севастополь, Феодосія і Керч – на Чорному морі, Бердянськ і Маріуполь – на Азовському. Порти Одеса, Іллічівськ, Южний відіграють значну роль не лише в транспортній системі України, а й у структурі транспортних міжнародних коридорів, що активно розвиваються.

Природно-кліматичні умови морського узбережжя сприяють розвитку курортів і туризму у приморській смузі як Чорного, так і Азовського морів. Протяжність морського узбережжя України становить майже 2500 км, з яких 1160 – цінні пляжі. Тут вирізняються два основні регіони зосередження природних рекреаційних ресурсів – Кримський та Азово-Чорноморський. Найбільшим кліматичним курортом є Південний берег Криму. Цінним елементом рекреаційного потенціалу України є родовища лікувальних грязей морського походження.

Екосистеми Чорного та Азовського морів впродовж останніх десятиліть зазнають значного антропогенного навантаження. Визначальними факторами головних екологічних проблем є річкові стоки, 80% яких надходить до чорноморської екологічно найуразливішої мілководної північно-західної частини; стокові води з точкових (особливо суттєво для Азовського моря) і дифузних берегових джерел; забруднення від морських транспортних засобів. Серед наслідків антропогенної дії найбільш значущими є евтрофікація, яка впливає на стан екосистем Чорного та Азовського морів. Рівень евтрофування та об'єм забруднювальних речовин, що надходять, перевищили асиміляційну ємність морського середовища вже на початку 80-х років і значно зросли в середині 90-х. У 2000-і роки екологічна ситуація дещо поліпшилась: простежується стійка тенденція відновлення біорізноманіття та кількісних характеристик багатьох видів гідробіонтів, включаючи промислові, зменшився, але не досяг екологічно безпечного рівня ступінь евтрофування басейну.

subspecies which are the autochthonous relicts of the brackish-water Lower Pliocene Pontian Lake-Sea. Anadromous and semi-migratory fishes are represented by 25 species that originated 1.5-2 mln years ago. The Far East mullet has been artificially acclimatized in the Azov-Black Sea basin.

The Black Sea and the Sea of Azov are of great economic importance as a promising region of extraction of hydrocarbon resources, fishery zone, significant shipping lane, fishery zone, and possess a great recreation potential.

Within the limits of the aquatorium there are known considerable mineral resources. Some deposits are industrially exploited. The deposits of hydrocarbon raw material are located within the limits of north-western shelf, perspective fields of gas hydrates are supposed in the region of deep water plain and continental slope. Ferrous, manganese and chromic ores gravitate to the off-shore area. Sites of distribution of ferrous-manganese concretions (perspective ores) are exposed on the shelf and in the upper part of continental slope along with the north, western and south coasts of the Black Sea. The placer deposits of heavy metals and titanium-ilmenite located on a shelf in the tectonic area of Alpine orogenesis. Along the foot of continental slope of western part of the Black Sea the sites of deposits enriched uranium are shown. Near the Southern coast of the Crimea, Caucasian shore and north-eastern seaboard of Turkey it is known submarine sources of fresh waters suitable for using. The deposits of building sand are intensively exploited. Mud volcanoes are the pointers of modern active tectonic processes and searching signs for prospecting new mineral resources.

Until recently, the Black Sea and the Sea of Azov were the most productive in the Mediterranean basin. However, the excessive level of anthropogenic impact in the last quarter of the 20th century resulted in a critical state of their ecosystems and a considerable decrease in fish capacity. In recent decades sprat and anchovy was the main food fish in the Azov-Black Sea basin. The Black Sea share in the total catch of these species in Ukraine exceeds 98%. In the Sea of Azov fishery is based on common kilka, anchovy, mullet, and zander, and now recovery of bullhead resources is observed. The present state of the resources of the most valuable species of the Azov-Black Sea basin – sturgeon, Black Sea salmon and turbot – causes anxiety.

Izmail, Illichiv'sk, Odesa, Yuzhnyi, Mykolaiv, Kherson, Sevastopol', Feodosiia and Kerch are the largest Ukrainian ports on the Black Sea, and Berdians'k and Mariupol' – on the Sea of Azov. Odesa, Illichiv'sk and Yuzhnyi are of special importance not only in the transportation system of Ukraine but also in the structure of international transportation corridors that are being developed actively.

Favorable natural and climatic conditions open up vast opportunities for the development of resorts and tourism in the coastal zone of the both seas. The length of the seacoast in Ukraine is about 2500 km and 1160 of them are valuable beaches. There are two major regions of natural recreation resources – the Crimean and the Azov-Black Sea ones. The Southern coast of the Crimea is the largest climatic health resort. Sea curative mud deposits are a valuable element of the Ukrainian recreation potential.

During recent decades, the ecosystems of the Black Sea and the Sea of Azov were subjected to heavy anthropogenic load. Among the crucial factors forming the major ecological problems are the influence of river runoff 80% of which inflow to the most ecologically vulnerable shallow northwestern part of the Black Sea, wastewater inflow from the point (especially dangerous for the Sea of Azov) and diffuse coastal sources, and pollutions from sea vessels. Eutrophication that affects the ecosystems of the Black Sea and the Sea of Azov is the most negative anthropogenic factor. The eutrophication level and the volume of entering pollutants exceeded the assimilation capacity of marine environment by early 80ies and over and over increased by middle 90ies. In 2000ies the ecological state rather improved: a stable tendency to restoration of bio-diversity and quantitative characteristics of numerous hydrobiont species including productive ones is observed; the degree of the basin eutrophication decreased but it did not reach the ecologically safe level.

