



Гідрохімія Чорного моря



Hydrochemistry of the Black Sea

КИСЕНЬ (O₂)

Розчинений у морській воді кисень забезпечує можливість дихати, а також визначає умови протікання біогеохімічних процесів і формування гідрохімічної структури морського середовища.

Характерною особливістю вертикального розподілу кисню, розчиненого у водах Чорного моря, є зниження його вмісту з глибиною у нижній частині холодного проміжного шару аж до повного зникнення у шарі основного пікнокліна. Середня по морю глибина початку інтенсивного зниження вмісту кисню становить 30 метрів. У глибших шарах вод формується шар оксікліна, тобто шар підвищених вертикальних градієнтів концентрації кисню. На глибині 50-60 метрів вертикальний градієнт досягає максимальних величин, а потім зменшується. Нижня межа оксікліна часто визначається положенням ізооксігени (горизонт однакових концентрацій кисню) 10 мікромоль/л. Нижче оксікліна, як правило, знаходиться субкисневий шар, в якому концентрація кисню не перевищує 10 мікромоль/л, але скільки-небудь значущих концентрацій сірководню немає. Хоча середній по морю вертикальний профіль розподілу кисню припускає можливість існування шару одночасної наявності кисню і сірководню, насправді такого шару немає.

Вміст кисню у поверхневому шарі вод змінюється залежно від сезону, оскільки розчинність кисню у морській воді суттєво залежить від температури. При цьому ступінь насиченості поверхневих вод киснем залишається близьким до 100%.

На глибині 100 метрів внутрішньорічні зміни у розподілі кисню незначні, тоді як просторові неоднорідності яскраво виражені: найменші величини концентрації спостерігаються завжди у центральній частині, а найбільші – на периферії глибоководної частини моря. Це пов'язано, насамперед, із зміною по акваторії моря глибин залягання основного пікнокліна під впливом гідродинамічних процесів.

У розподілі кисню мають місце також і багаторічні зміни. Так, середня концентрація кисню на глибині 100 метрів зростала до початку 1970-х років, після чого спостерігалось її зниження, особливо помітне у 1980-1990-х роках. Середня концентрація кисню знизилася у 2-3 рази, при максимальному 9-кратному зниженні з початку 1970-х до кінця 1990-х років. Як результат, значно збільшилася область у центральній частині моря, де кисень на глибині 100 метрів відсутній взагалі.

СІРКОВОДЕНЬ (H₂S)

Сірководнем у водах Чорного моря називається поєднання відновлених сполук сульфуру, виражене в еквівалентному вмісті сульфідного сульфуру. В англійській літературі, як правило, використовується термін «сульфіди». Сірководень з'являється у водах Чорного моря на глибинах 70-250 метрів. Для глибин появи сірководню характерні яскраво виражені просторово-часові зміни різного масштабу. Середня по морю глибина становить 100 метрів. Вміст сірководню зростає залежно від глибини і досягає 200 мікромоль/л на глибині 500 метрів, 300 мікромоль/л – на глибині 1200 метрів і 350 мікромоль/л – у придонному шарі вод.

Вплив гідродинамічних процесів на просторовий розподіл сірководню зменшується зі зростанням глибини, оскільки з глибиною зменшується інтенсивність цих процесів, хоча їх вплив можна прослідкувати до 500-метрової глибин. Максимальні величини концентрації сірководню спостерігаються у центральній частині моря, а мінімальні – на периферії глибоководної частини. Починаючи з глибин ~1000 метрів особливості просторового розподілу сірководню формуються значною мірою під впливом процесів його продукування і обміну з донними відкладеннями материкового схилу і глибоководної западини.

Для сірководню, як і для кисню, характерні яскраво виражені багаторічні зміни у розподілі його середніх концентрацій. Найяскравіше багаторічні зміни простежуються на глибинах понад 500 метрів, де середня концентрація сірководню за період спостережень зростала у ~1,5 рази. Так, концентрація сірководню у придонному шарі води на сьогодні перевищує 380 мікромоль/л, тоді як в середині 1960-х років ця величина сягала близько 280 мікромоль/л. Багаторічні зміни величини середньої концентрації сірководню на глибинах до 300 метрів статистично незначні.

OXYGEN (O₂)

Dissolved in seawater oxygen provides the possibility for the majority of biological communities to exist. Oxygen also controls biogeochemical processes governing the chemical structure of the sea.

In the Black Sea waters, the oxygen declines with depth below the core of the Cold intermediate layer and it completely expires in the main pycnocline. On average, the oxygen starts to decline at the depth of 30 meters. The oxycline (the layer of increased vertical gradients of oxygen) lies below this depth. The vertical gradient of oxygen reaches its maximum at 50-60 meters, and then it decreases with depth. The lower boundary of the oxycline is arbitrarily placed at the 10 μ M isooxygen surface (the surface of equal oxygen concentrations). The suboxic zone usually exists below the oxycline. The suboxic zone is the layer of water, where the oxygen concentration does not exceed 10 μ M and sulfide is not traced or it exists at a negligible level. The average profiles of oxygen and sulfide assume the presence of a layer where they coexist, but they actually never coexist at any individual location over the sea.

The oxygen concentration varies in the surface layer of water intra-annually, because the oxygen solubility in seawater widely varies with temperature. Still, the saturation level is always close to 100%.

Intra-annual variations in the distribution of oxygen at the depth of 100 meters are subtle, while the spatial variations are distinct and profound: the lowest concentrations are traced in the central part and the highest values are usually at the periphery of the deep part of the sea. These spatial variations are mostly due to dynamic variations in the depth of the main pycnocline.

Inter-annual variations in the oxygen distribution were traced and reported. Thus, the average concentration of oxygen at the depth of 100 meters was increasing up to the early 1970's and then it was decreasing. That decreasing trend was most pronounced in the 1980's and 1990's. The average concentration decreased 2-3-fold with the maxim 9-fold drop from the early 1970's to the late 1990's. That resulted in a wide central area of the sea with no oxygen at the depth of 100 meters.

HYDROGEN SULFIDE (H₂S)

Hydrogen sulfide is the term that accounts for the equivalent sum of reduced sulfur compounds in the Black Sea waters. This corresponds to an English term «sulfide». Sulfide appears in the Black Sea at the depth of 70-250 meters. This sulfide onset varies dramatically spatially and temporarily. The average depth of the sulfide onset is 100 meters. The sulfide concentration increases with depth. It is ~200 μ M at the depth of 500 meters, ~300 μ M at the depth of 1200 meters, and ~350 μ M in the bottom layer of waters.

The influence of hydrodynamic processes on the distribution of sulfide decreases with depth, because the intensity of these processes decreases with depth. Yet, this influence can be traced down to the depth of 500 meters. The maximum sulfide concentrations are detected in the central part and the lowest concentrations are usually found at the periphery of the deep part of the sea. Below the depth of 1000 meters, production of sulfide and water-sediments exchange processes, rather than hydrodynamic processes, become most important for the budget and distribution of sulfide.

Similar to oxygen, the distribution of sulfide varies inter-annually. These variations are easily detected in waters below the 500 meter depth. The average concentration of sulfide has increased about 1.5-fold over the period of observations. Thus, the concentration of sulfide in the bottom layer of water is currently exceeds 380 μ M, but it was about 280 μ M in the middle 1960's. Inter-annual variations in the average sulfide concentration above the depth of 300 meters are statistically insignificant.

