

# Гидрохимическая характеристика болгарской черноморской акватории за период 1986 – 1990 гг.

*Александр В. Рождественский*

*Институт океанологии, БАН (Варна)*

В период 1986 – 1990 г. были продолжены гидрохимические исследования с характером многолетнего мониторинга (Рождественский, 1949, 1986, 1990) в Варненском заливе и открытых водах перед болгарским берегом. Анализы проводились по установленным методам для морских вод (Блинов и др., 1959; Ордовский и др., 1977).

Хлорность поверхностной воды у северного берега залива в этот период была сравнительно низкой (табл.1), с абсолютными колебаниями от 6,46 до 10,42 ‰. Положение средних месячных минимумов и максимумов в отдельные годы не было

постоянным. Так, в 1989 г. в мае, вместо минимальной, хлорность была близка к максимуму, под влиянием сгонных ветров. Месяцы максимальной хлорности группировались от октября до февраля включительно; в среднем результате оформился максимум в январе, тогда как в многолетних данных (1943 – 1985 г.) он в октябре. Средние годовые стоимости: в 1986 г. – 8,96‰, в 1987 г. – 9,02‰, в 1988 г. – 8,93‰, в 1989 г. – 9,06‰ и в 1990 г. – 8,99‰. Соленость соответственно: 16,24‰, 16,31‰, 16,15‰, 16,38‰ и 16,26‰.

Абсолютные колебания других показате-

Таблица 1. Средние данные главных гидрохимических показателей поверхностной воды у северного берега Варненского залива за период 1986 – 1990 гг.

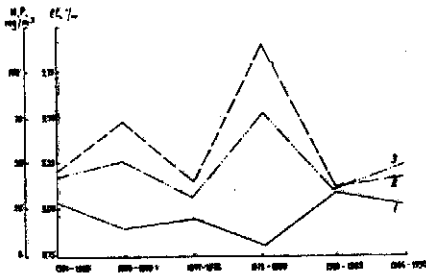
Показатель	Месяц												Средне-годовое
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Cl	9,35	9,10	8,86	8,91	8,33	8,66	8,73	9,18	9,33	9,20	9,10	9,17	8,99
A	3,36	3,34	3,33	3,36	3,30	3,31	3,33	3,30	3,34	3,32	3,35	3,36	3,33
pH	8,14	8,16	8,34	8,29	8,46	8,49	8,47	8,39	8,28	8,30	8,21	8,16	8,31
N	60,0	36,8	58,8	36,2	19,4	10,5	10,7	5,8	51,2	31,2	57,2	47,6	35,5
P	63,3	66,0	63,6	42,8	33,3	31,5	35,2	20,6	31,2	31,1	55,8	58,5	44,4
O <sub>2</sub>	8,58	9,31	9,83	8,65	8,11	7,26	6,51	6,26	6,40	6,88	7,50	8,24	7,79
% O <sub>2</sub>	106,1	111,9	119,7	116,7	120,6	117,6	113,8	110,6	107,4	107,1	105,2	107,1	112,0
Окисляемость	1,36	1,50	2,45	1,82	2,05	2,91	2,41	1,72	1,60	1,71	1,46	1,49	1,88
БПК <sub>5</sub>	1,31	1,79	3,03	2,23	2,45	9,19	3,80	2,27	1,76	2,06	0,96	1,17	2,67

Замечание: Cl – хлорность – в ‰; A – щелочность – в mg equiv/l; N – нитратный азот и P – фосфатный фосфор – в mg/m<sup>3</sup>; O<sub>2</sub> – растворенный кислород – в ml/l; насыщенность кислородом – в ‰; окисляемость (перманганатная в нейтральной среде) – в mg O<sub>2</sub>/l

телей: щелочности 3,14 – 3,54 mg equiv./l, водородного показателя – от 8,04 до 9,29, нитратного азота<sub>3</sub> – от аналитического нуля до 248,4 mg/m<sup>3</sup>, фосфатного фосфора<sub>3</sub> от аналитического нуля до 195,8 mg/m<sup>3</sup>, растворенного кислорода – от 2,42 до 15,35 ml/l, насыщенности воды кислородом – от 40,5 до 254,1 %, перманганатной окисляемости в нейтральной среде – от 0,13 до 11,12 mg O/l и пятидневной биохимической потребности в кислороде – от 0,22 до 65,70 ml O<sub>2</sub>/l.

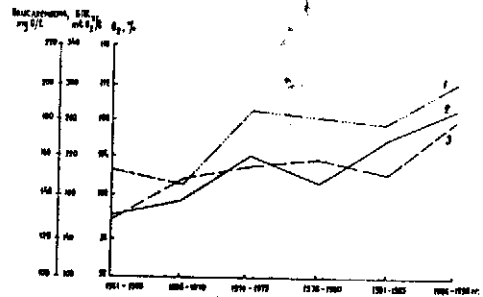
Колебания средних годовых стоимостей периода: щелочности – от 3,31 до 3,34 mg equiv./l, водородного показателя – от 8,25 до 8,36, нитратного азота – от 20,5 до 48,6 mg/m<sup>3</sup>, фосфатного фосфора – от 17,8 до 61,8 mg/m<sup>3</sup>, растворенного кислорода – от 7,58 до 7,98 ml/l, насыщенности воды кислородом – от 111,3 до 113,9 %, окисляемости – от 1,58 до 2,17 mg O/l и биохимической потребности в кислороде – от 1,71 до 3,50 ml O<sub>2</sub>/l.

Для сравнения средних годовых данных всего пятилетнего периода (табл.1) с многолетними, следует указать, что средняя хлорность за 1943 – 1985 гг. – 9,06 ‰, щелочность за 1948 – 1985 гг. – 3,34 mg equiv./l, pH за 1962 – 1985 гг. –



Фиг.1. Изменения средних пятилетних данных хлорности (1) и главных биогенных элементов (нитратного азота и фосфатного фосфора – соотв. 2 и 3) поверхностной воды у северного берега Варангского залива за шесть периодов

8,37, нитратный азот за 1962 – 1985 гг. – 54,5 mg/m<sup>3</sup>, фосфатный фосфор за 1962 – 1985 гг. – 40,7 mg/m<sup>3</sup>, растворенный кислород за 1951 – 1985 гг. – 7,23 ml/l, насыщенность воды кислородом за 1951 – 1985 гг. – 105,1 %, окисляемость за 1956



Фиг.2. Изменения средних пятилетних данных процента насыщенности кислородом (1), перманганатной окисляемости в нейтральной среде (2) и пятидневной биохимической потребности в кислороде (3) поверхностной воды у северного берега Варангского залива за шесть периодов

– 1985 гг. – 1,50 mg O/l и биохимическая потребность в кислороде за 1960 – 1985 гг. – 1,90 ml O<sub>2</sub>/l.

Средние пятилетние годовые данные, которые ранее считались сравнительно стабильными, показывают значительные колебания (фиг.1 и 2). Понижение хлорности (солёности) сопровождается увеличением биогенного содержания – поступление превышает потребление растительными организмами; соотношение между нитратами и фосфатами изменяется в пользу первых т.к. в речных водах преобладают нитраты. В открытых черноморских водах доминируют фосфаты. Характерно для Варангского залива, что в средних данных 1986 - 1990 гг. впервые количество фосфора превышает содержание нитратного азота, несмотря на известное уменьшение хлорности, хотя чередование изменений пятилетних стоимостей в общих чертах сохраняется (табл.1, фиг.1). Ранее нами уже высказывались предположения о влиянии солнечной активности (Р о ж д е с т в е н с к и й, 1967, 1986); возможно, что в одних пятилетних периодах доминируют годы, когда солнечная активность благоприятствует увеличению речного стока, а в других – наоборот.

Содержание органических веществ, по данным окисляемости, биохимической потребности в кислороде и процента насыщенности кислородом не всегда можно сопоставить с изменениями солёности (хлорности) и биогенного содержания,

вследствие значительного антропогенного влияния, при котором чувствительно изменяется соотношение между аллохтонной и автохтонной органикой. Общая тенденция (фиг.2) однако довольно показательно — сильное увеличение (эвтрофикация), при чем рост автохтонной органики, по данным  $O_2(\%)$ , в значительной степени также имеет связь с антропогенным влиянием („цветения“ на базе биогенного загрязнения).

В открытых водах средние данные периода 1986 — 1990 гг. имеют изменения такого же характера, как и у северного берега Варненского залива, с соответственными количественными различиями, подтверждающая ранее выведение положения (Рождественский, 1990). Распределение хлорности поверхностных вод приближается к таковому периоду 1976 — 1980 гг. Изолиния 9,00‰ опять приближается к району несколько восточнее мыса Эмине (фиг.3). Сезонная динамика (табл.2) показывает в 20 милях от мыса Галаты минимум зимой очевидно под влиянием южного течения, усиливающего северными

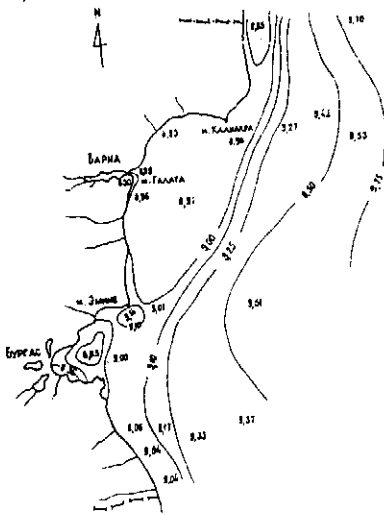
достигающего в среднем 75 м. Минимум хлорности в удаленных от берега районах летом, что отмечалось и раньше (Рождественский, 1986).

Распределение средних годовых данных хлорности периода 1986 — 1990 гг., по сравнению с данными предыдущих периодов (табл.3), показывает также как и в поверхностном слое сходство с периодом 1976 — 1980 гг. с количественными различиями такого же характера как и в Варненском заливе (фиг.1).

Процент насыщенности воды кислородом в поверхностных открытых и прибрежных (вкл. заливных) водах акватории (фиг.4) показывает значительные увеличения от „цветений“ под влиянием антропогенных факторов, особенно у южного берега Варненского и Бургаского залива, а также перед устьями некоторых небольших рек и в районах курортных комплексов. После этого в открытых водах наступает уменьшение  $O_2\%$ , а к 30 милям опять увеличение, которое до известной степени можно связать с Крымским течением и сильно эвтрофизированными водами, поступающими с северозападной части моря.

По вертикали, на примере разреза против мыса Галаты (табл.3), в 20 милях от берега процент насыщенности кислородом в верхнем 10-метровом слое меньше, чем в двух предшествующих пятилетних периодах, но сравнительно близко к периоду 1976 — 1980 гг. На горизонтах 25 и 50 м напротив — значительно больше, при чем на 50 м насыщенность больше 100%; очевидно около этих горизонтов наличие фотосинтезирующих (и хемосинтезирующих) организмов было больше, чем ранее. Спускаясь ко дну (70 м) отмержшие организмы оформили уменьшение  $O_2\%$  по сравнению с периодами 1976 — 1980 гг. и 1981 — 1985 гг. В 30 милях от берега средние стоимости  $O_2\%$  в 1986 — 1990 гг. на всех горизонтах до 50 м включительно значительно больше, чем в предидущих периодах, что указывает на рост содержания автотрофных организмов. Ниже 50 м замечается чувствительное уменьшение  $O_2\%$  по сравнению с другими периодами — указание на увеличение гетеротрофных организмов и процессов деструкции мертвой органики.

Вообще зоны повышенной насыщенности



Фиг.3. Среднее распределение хлорности (‰) поверхностных черноморских вод перед болгарским берегом за 1986 — 1990 гг.

ветрами, в 30 милях от берега однако зимой отмечается максимум хлорности под влиянием вертикального размешиванья,

Т а б л и ц а 2. Средняя сезонная динамика хлорности, растворенного кислорода и насыщенности кислородом черноморских вод в 20 и 30 милях восточнее мыса Галаты за период 1986 — 1990 гг.

Глубина, м	Cl, ‰				O <sub>2</sub> , ml/l				% O <sub>2</sub>			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
20 миль												
0	8,49	8,69	9,24	9,46	9,88	7,90	6,50	7,98	119,7	118,7	116,9	109,6
10	9,17	9,23	9,46	9,57	8,94	7,84	6,56	7,68	108,5	111,2	118,0	107,7
25	9,24	9,65	9,77	9,62	9,01	7,31	7,04	7,71	109,9	100,4	115,5	108,0
50	9,81	9,89	10,00	9,78	8,59	6,77	6,55	7,10	107,2	91,0	92,9	98,1
70	9,83	9,89	10,08	9,82	8,36	6,09	5,55	6,08	102,2	89,6	72,6	56,3
30 миль (верхний слой 150 м)												
0	9,70	9,35	9,22	9,66	8,96	8,33	6,35	8,21	115,9	128,0	114,0	115,8
10	9,74	9,35	9,54	9,71	8,99	8,52	6,64	7,31	116,5	121,1	119,1	107,3
25	9,83	9,41	9,60	9,75	9,59	8,38	8,05	8,10	125,4	114,0	116,5	110,9
50	9,96	9,76	9,70	10,11	9,12	8,07	7,84	7,49	118,1	106,3	102,9	100,5
75	9,98	10,05	9,96	10,24	7,93	6,00	6,31	5,69	88,8	80,6	82,3	66,6
100	10,35	10,43	10,33	10,54	4,81	2,97	6,22	3,90	64,4	41,3	82,2	45,4
150	11,34	11,07	10,65	11,01	1,03	1,52	0,66	0,58	9,2	20,3	8,9	8,9

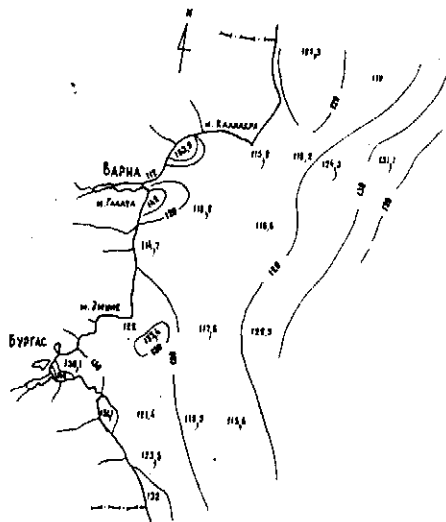
Т а б л и ц а 3. Средние годовые данные хлорности, растворенного кислорода и процента насыщенности кислородом черноморских вод в 20 и 30 милях восточнее мыса Галаты за период 1986 — 1990 гг. в сравнении с данными предшествующих периодов мониторинга

Глубина, м	Cl, ‰				O <sub>2</sub> , ml/l				% O <sub>2</sub>			
	1948-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1951-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1951-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990
20 миль												
0	9,25	8,76	9,23	8,95	7,51	8,04	8,50	8,05	111,6	117,4	126,0	116,2
10	9,59	9,31	9,53	9,36	7,36	7,78	7,87	7,76	107,8	113,2	115,3	111,4
25	9,84	9,54	9,72	9,57	7,19	7,13	7,56	7,77	101,5	102,4	107,4	108,5
50	10,02	9,68	9,94	9,87	6,98	6,70	7,27	7,25	91,4	89,6	96,7	107,3
70	10,18	9,84	10,12	9,91	6,17	6,39	6,50	6,08	78,8	82,4	84,8	79,7
30 миль (верхний слой 150 м)												
0	9,62	9,20	9,62	9,48	7,27	7,32	7,58	7,96	109,3	111,0	114,7	118,4
10	9,81	9,43	9,75	9,59	7,16	7,20	7,46	7,87	106,8	108,6	109,9	116,0
25	9,93	9,64	9,85	9,65	7,47	7,63	7,52	8,53	106,3	112,3	107,6	116,7
50	10,03	9,73	9,96	9,88	7,26	7,43	7,54	8,13	96,8	101,6	103,6	107,0
75	10,21	9,85	10,13	10,06	6,36	6,65	6,67	6,48	84,3	85,0	87,4	79,6
100	10,47	10,13	10,43	10,41	4,75	5,05	4,26	4,48	63,4	64,0	62,1	58,3
150	11,07	10,72	11,04	11,02	1,55	1,72	1,73	0,95	20,7	28,0	26,3	14,3

в поверхностных водах и по вертикали указывают на растущую эвтрофикацию этих вод, как процесса самоочищения от излишнего поступления биогенных элементов.

Содержание нитратного азота в верхнем слое всей полосы на расстоянии 20 миль от берега в 1986 — 1990 гг. в среднем 6,1 mg/m<sup>3</sup>, а фосфатного фосфора — 33,5 — стоимости близкие к установленным в

1976 — 1980 гг. (Рождественский и др., 1990). Абсолютные колебания в 1986 — 1990 гг. для азота от аналитического нуля до 45,2 mg/m<sup>3</sup>, а фосфора — от 2,0 до 91,4 mg/m<sup>3</sup>. В полосе на расстоянии 30 миль от берега нитратный азот показывает колебания от 0 до 97,4 mg/m<sup>3</sup> с средней стоимостью 2,1 mg/m<sup>3</sup>, а фосфатный фосфор — от 0,3 до 137,0 с средней стоимостью 42,3 mg/m<sup>3</sup>. Сильное уменьшение нит-



Фиг.4. Среднее распределение процента насыщенности кислородом (% O<sub>2</sub>) поверхностных черноморских вод перед болгарским берегом за 1986—1990 гг.

ратного содержания является следствием „цветений“ (аналитические 0), тогда источником азота может являться аммоний. Поступление же нитратов с речными водами в этом удаленном от берега района сравнительно ограничено. Что же касается фосфатов — они быстро возвращаются в воду при гидролизе отмирающей органики, включительно в водах поступающих с северо-западной части и берегов Крыма.

По отношению сероводорода следует отметить, что в 1986 г. в 30 милях от берега на глубине 150 м его не было; он по-

являлся в небольших количествах (0,05 — 0,11 ml/l) только к 200 м. Летом 1987 г. на расстоянии менее 30 миль от берега он был обнаружен на придонной глубине 130 м, очевидно под влиянием донного ила (Рождественский, 1966, 1986), а на 150 м минимальные количества суммарного сероводорода (вкл. частично окисленного) тогда были отмечены во всех разрезах перед болгарским берегом. Это положение сохранилось и осенью. Весной 1988 г. небольшие количества отмечались на глубине 150 м только в южной части болгарской акватории, однако летом на этой глубине его не было, а только на 200 м. Зимой 1989 г., как и в трех предыдущих годах, H<sub>2</sub>S на горизонте 150 м не было, но в остальные сезоны он отмечался. В 1990 г. в 30 милях восточнее Емине на глубине 150 м H<sub>2</sub>S был отмечен и зимой. Среднее содержание суммарного сероводорода на горизонте 150 м от всех проб, когда он был констатирован, в период 1986 — 1990 гг. 0,07 ml/l, а на горизонте 200 м — 0,15 ml/l, с максимум 0,49 ml/l в начале лета 1987 г. против Масляного носа.

Подтверждается характер изменений средних пятилетних данных, вкл. роста эвтрофности. В заливе впервые фосфатное содержание превышает нитратное. Увеличение процента насыщенности кислородом в верхних слоях открытого моря соответствует его уменьшению ниже 70 м. Колебания границы сероводорода не показывают существенных изменений.

## Литература

Блинов, Л. К. и др. 1959. Руководство по морским гидрохимическим исследованиям. М., Гидрометеоиздат. 255 с. Ордовский, С. Г. и др. 1977. Методические указания по химическому анализу морских вод для стран-членов СЭВ. Гдыня. 277 с. Рождественский, А. В. 1949. Температура и соленость на поверхности воды в Варненский залив през периода 1943 — 1947 г. — 'Гр. Морск. биол. ст. — Варна, XV, 67—157. Рождественский, А. В. 1966. Състав на някои наслаги и пясци в северната част на българското черноморско край-

режие. — Рибно стоп., XIII, №3, 10 — 13. Рождественский, А. В. 1967. Гранулометрические химические исследования прибрежных песков и донных отложений в районе болгарского черноморского побережья. — Океанология (М.), VIII, №6, 1020 — 1024. Рождественский, А. В. 1986. Хидрохимия на българския сектор на Черно море. С., БАН. 190 с. Рождественский, А. В. 1990. Многолетняя динамика наиболее важных эколого-гидрохимических показателей в болгарской части Черного моря. — Океанология (С.), 19, 15 — 26.

## Hydrochemical characteristic of the Bulgarian Black Sea water area for the period 1986 – 1990

*Alexander V. Rozhdestvenskiy*

(Summary)

During the period 1986 - 1990 the hydrochemical surveys of the Varna Bay and open sea waters having the characteristics of a multi-year monitoring were continued. The averaged five-year data confirmed the alternation of periods of decreased salinity and of increased contents of nitrates and phosphates which is probably connected with the

solar activity. The eutrophication of the water area is continuing. The increase of the percentage of oxygen contents in the water in the upper layers is accompanied by its decrease in the layers below 70 m. The hydrogen sulphide boundary does not show any considerable changes.

*Поступила 13.02.1992 г.*