

Том XLVIII	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1963
Том L	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ ЮЖНОЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЕЙ БЕРИНГОВА МОРЯ

Р. Л. Давидович

ТИНРО

В этой статье рассматриваются результаты гидрохимических работ, проведенных Берингоморской экспедицией в 1958 г. На рис. 1 дана схема станций; на каждой проводились определения растворенного в воде кислорода. Биогенные элементы (фосфаты, кремниевая кислота, нитриты) определялись через станцию. На отдельных станциях измерялась активная реакция (рН) и определялся щелочной резерв. Все определения выполнялись в судовой лаборатории по стандартной методике [1].

В морфологическом отношении Берингово море разделяется на две части: юго-западную глубоководную и северо-восточную мелководную. Они имеют свои характерные гидрологические, гидрохимические и биологические особенности. Исходя из этого, целесообразно рассмотреть результаты гидрохимических анализов для каждой части моря. Интересно также сопоставить результаты данной работы с результатами, полученными нами в 1957 г. во время экспедиционных работ в северо-западной части Тихого океана.

КРАТКАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Юго-западная глубоководная часть Берингова моря находится под непосредственным влиянием вод Тихого океана. С гидрохимической точки зрения воды Берингова моря, как и воды северо-западной части Тихого океана, характеризуются следующей структурой [2]:

- 1) поверхностный слой (0—50 м);
- 2) слой скачка биогенных элементов и кислорода (100—200 м);
- 3) слой минимума кислорода и максимума фосфатов (300—1000 м);
- 4) глубинные воды (от 1000 м до дна).

Для иллюстрации сходства и различия в структуре вод Берингова моря и северо-западной части Тихого океана в табл. 1 приведены данные двух станций, выполненных почти на одной и той же долготе (первая в северо-западной части Тихого океана, вторая — в Беринговом море). Результаты для кислорода и фосфатов графически изображены на рис. 2. Первое, что необходимо отметить при анализе таблицы и рис. 2,—

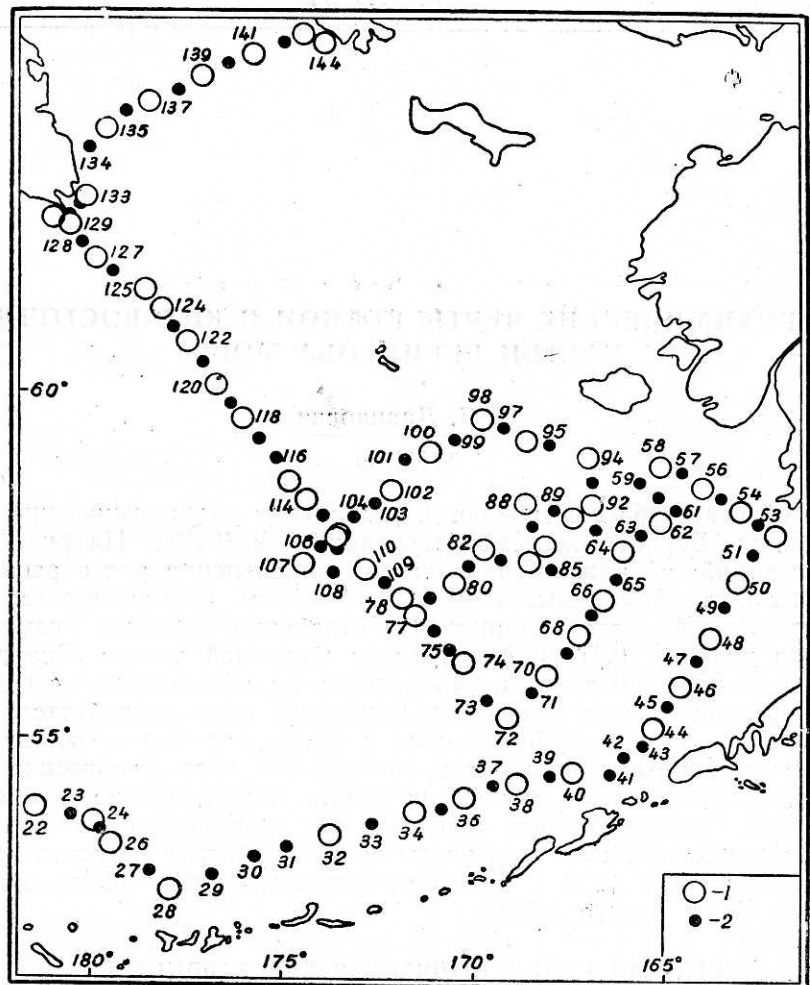


Рис. 1. Схема станций экспедиционного судна «Жемчуг» (лето 1958 г.):
 1 — полный комплекс гидрохимических определений; 2 — кислород и соленость.

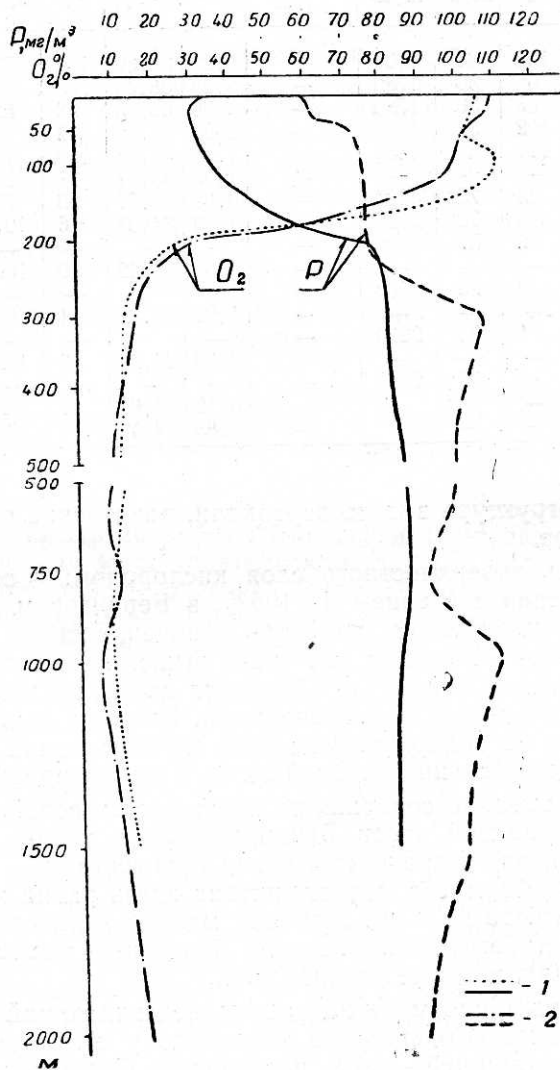


Рис. 2. Вертикальное распределение кислорода и фосфатов:
1 — Тихий океан; 2 — Берингово море.

Таблица

Гори- зонт, м	Тихий океан						Берингово море					
	φ = 53°59' с.ш. λ = 167°37' в.д.		5/VII 1957 г.				φ = 57°00' с.ш. λ = 168°00' в.д.		6/VII 1958 г.			
	t °C	S, ‰	O ₂ , %	P, мг/м ³	Si, мг/м ³	N-NO ₂ , мг/м ³	t °C	S, ‰	O ₂ , %	P, мг/м ³	Si, мг/м ³	N-NO ₂ , мг/м ³
0	6,60	32,91	105	34	1100	—	6,20	33,30	109	57	1600	2,2
10	6,50	33,04	105	33	1780	—	6,23	33,30	108	61	1920	2,1
25	5,76	32,97	105	30	1780	—	5,96	33,30	108	62	1940	1,9
50	3,06	33,24	102	32	1840	—	2,22	33,32	102	74	2000	—
100	4,31	33,03	111	37	1880	—	1,75	33,35	100	76	2000	7,3
150	—	—	—	—	—	—	1,98	33,47	78	77	2040	0
200	3,53	33,72	25	75	4200	—	3,60	33,87	30	77	2880	0
300	3,50	34,04	13	83	2600	—	1,58	34,03	16	107	3920	—
500	3,48	33,90	12	87	4900	—	—	—	—	—	—	—
503	—	—	—	—	—	—	3,33	34,22	9	100	4560	—
750	3,04	34,18	9	88	4500	—	—	—	—	—	—	—
776	—	—	—	—	—	—	1,97	34,42	11	93	5270	—
1000	2,68	34,32	9	84	2300	—	—	—	—	—	—	—
1005	—	—	—	—	—	—	2,63	34,49	6	112	5340	—
1500	2,14	34,52	15	85	2700	—	—	—	—	—	—	—
1554	—	—	—	—	—	—	2,12	34,61	12	103	6260	—
2031	—	—	—	—	—	—	1,85	34,67	17	94	6910	—

это сходство в структуре вод по вертикали, повторение основных структурных элементов.

Пересыщение поверхностного слоя кислородом: в северо-западной части Тихого океана в среднем на 105%, в Беринговом море — в среднем на 108%. Концентрация фосфатов в поверхностном слое Берингова моря (60 мг P/м³) почти в два раза выше, чем в северо-западной части Тихого океана (32 мг P/м³). Средняя концентрация кремнекислоты также больше в водах Берингова моря. Высокие концентрации биогенных элементов в поверхностном слое глубоководной части Берингова моря объясняются интенсивной зимней циркуляцией.

Несмотря на высокое содержание питательных солей, в поверхностном слое глубоководной части Берингова моря весной величина биомассы фитопланктона выражена малым количеством. По данным Г. И. Семиной [3], биомасса фитопланктона здесь равна нескольким десяткам миллиграммов на 1 м³. Причина малого количества фитопланктона при наличии богатейших запасов биогенных веществ, наблюдавшихся в этих водах, нами не установлена.

С поверхностным слоем тесно связан подстилающий его холодный промежуточный слой. Содержание кислорода у его верхней границы составляет 102, у нижней — 80% насыщения. Среднее значение концентрации фосфатов в этом слое равно 75 мг P/м³, кремнекислоты — 2000 мг Si/м³. Образование холодного промежуточного слоя затрудняет поступление кислорода из верхних слоев в более глубокие, а биогенных элементов — в поверхностный слой. Поэтому переход от холодного промежуточного слоя к теплему сопровождается скачком как в содержании кислорода, так и в концентрации биогенных элементов. Концентрация кислорода в нижележащих слоях уменьшается, концентрация биогенных элементов возрастает (см. таблицу). Теплый промежуточный слой глубоководной части Берингова моря, как и в Тихом океане, характеризуется наличием малых величин содержания кислорода и больших концентраций фосфатов. Глубины залегания вод с минимумом кислорода и максимумом фосфатов в большинстве случаев совпадают с горизонтами 300—1000 м.

В гидрохимическом отношении глубинные воды характеризуются повышением концентрации кислорода и понижением концентрации фосфатов с глубиной.

Необходимо остановиться на распределении химических характеристик на поверхности глубоководной части Берингова моря. Кислород на поверхности в центральном районе глубоководной части Берингова моря распределен равномерно и содержание его обуславливает 104—105% насыщения. Концентрация кислорода несколько повышается в районе банки Бауэрса и в направлении на северо-запад. В районе Андреевских о-вов концентрация кислорода падает до 100%, однако далее на северо-восток снова возрастает. В распределении на поверхности биогенных элементов в основном повторяются те же особенности, что и в распределении кислорода. Концентрации фосфатов, кремнекислоты и нитритов исключительно высокие, убывание их наблюдается только в направлении на северо-запад, где активизируется деятельность фитопланктона.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Юго-восточная часть Берингова моря, в частности шельфовый район между о-вами Прибылова и берегом Аляски, изучена очень мало. Именно этот район представляет большой интерес для рыбной промышленности.

Из имеющихся работ по океанографии восточной части Берингова моря следует указать на работы Барнеса и Томпсона [4]. Начиная с 1953 г., на японском исследовательском судне «Oshoro Maru» [5] ежегодно проводятся работы в северо-западной части Тихого океана, а также в Беринговом море. Несмотря на то, что японскими исследователями изучалась большая акватория Берингова моря, интересующий нас район почти не исследовался. Комплексная Берингоморская экспедиция ТИПРО — ВНИРО на экспедиционном судне «Жемчуг» провела широкие исследования и в юго-восточной части Берингова моря летом 1958 г.

Мелководная юго-восточная часть Берингова моря формируется под влиянием вод его глубоководной части, а также вод Тихого океана. В прибрежные воды моря поступают воды материкового стока. Мелководная шельфовая часть Берингова моря характеризуется несколькими типами вертикального распределения температуры и солености, а также различными типами распределения химических характеристик. На рис. 3 приведены данные для кислорода и фосфатов на разрезе от ст. 40 до ст. 52. Этот рисунок указывает на наличие подъема вод по склону шельфа и на наличие района перемешанных теплых прибрежных вод.

Последний характеризуется небольшими глубинами — до 50 м. Небольшая глубина в сочетании с ветровым перемешиванием и приливоотливными течениями приводит к однородному распределению всех характеристик до дна. Концентрации фосфатов и кремнекислоты на всех горизонтах практически равны концентрациям соединений этих элементов на поверхности ($10\text{--}20 \text{ мг P/м}^3$ и $100\text{--}250 \text{ мг Si/м}^3$). Невысокие концентрации питательных солей в известной степени обуславливаются повышением в этих водах активной деятельности фитопланктона, для развития которого в этом районе имеются благоприятные условия. Зона фотосинтеза здесь распространяется почти до дна и поэтому регенерирующиеся вещества сразу же могут вступать в новые циклы.

Второй тип распределения характерен для глубин свыше 50 м. Поверхностный слой этого района заполнен прогретыми чуть распреснен-

ными водами. Наличие небольшого слоя скачка температуры и солености создает предпосылку для возникновения слоя скачка биогенных элементов и кислорода, который разделяет всю толщу воды до дна на два слоя: обедненный поверхностный и богатый биогенными элементами придонный.

Поверхностный слой имеет следующую характеристику. Средняя концентрация фосфатов — 15 мг P/м^3 , кремнекислоты — 200 мг Si/м^3 . Концентрация нитритов равна аналитическому нулю. По мере приближения к берегам Аляски концентрация биогенных элементов уменьшается: концентрация фосфатов достигает величины $10\text{--}12 \text{ мг P/м}^3$, кремнекислоты — 100 мг Si/м^3 . Насыщение воды кислородом в поверхност-

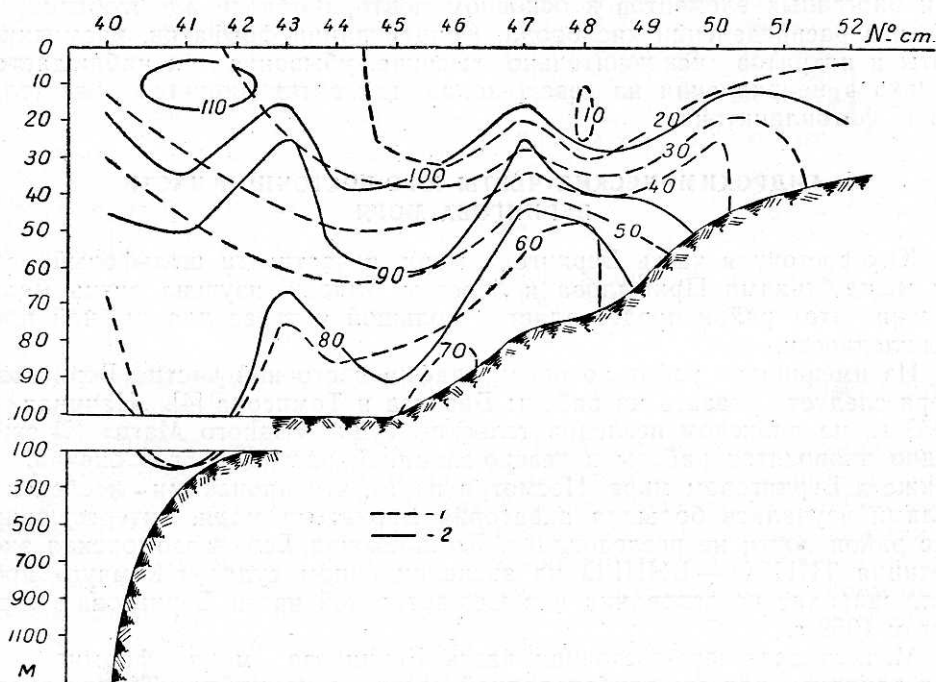


Рис. 3. Вертикальное распределение кислорода и фосфатов на разрезе от ст. 40 до ст. 52:
1 — фосфаты; 2 — кислород.

ном слое значительно выше 100% и в среднем равно $106\text{--}107\%$.

Придонный слой (от 50 до 100 м) характеризуется резким скачком в содержании биогенных элементов и кислорода. Концентрация фосфатов возрастает до $45\text{--}60 \text{ мг P/м}^3$, кремнекислоты — до $600\text{--}900 \text{ мг Si/м}^3$, появляются значительные количества нитритов (до 2 мг N/м^3). Насыщение кислородом падает в среднем до 80% при данных условиях.

Краткое рассмотрение гидрохимических черт шельфовой восточной части Берингова моря свидетельствует о высокой продуктивности этого района.

КАРТЫ ПОВЕРХНОСТНОГО И ПРИДОННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Густая сеть станций в юго-восточной части Берингова моря позволила нам составить карты поверхностного и придонного распределения основных гидрохимических характеристик.

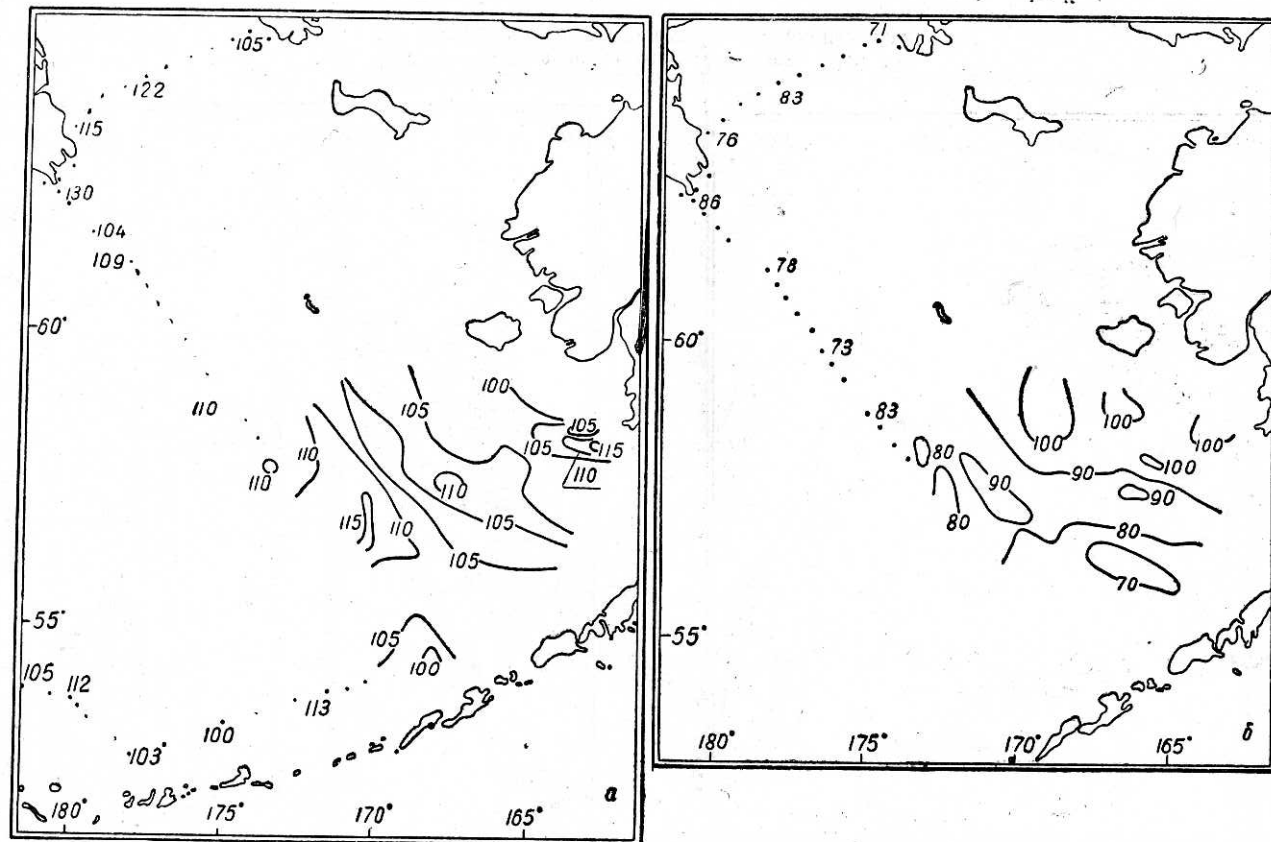


Рис. 4. Распределение насыщения O_2 (лето 1958 г.):
 а — поверхностный горизонт; б — придонный слой.

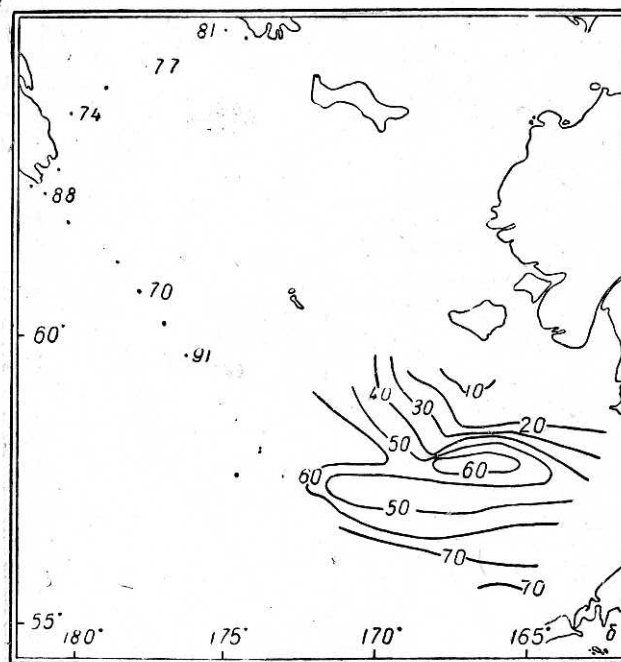
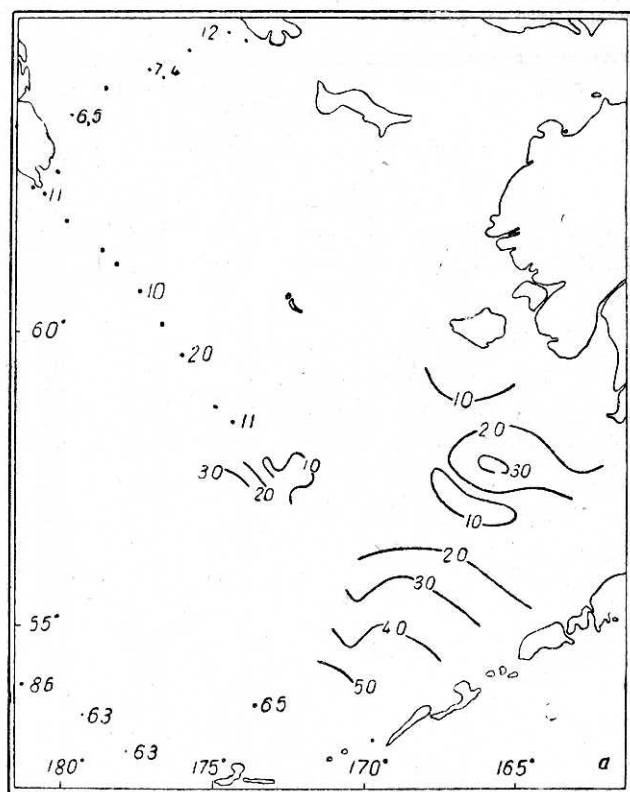


Рис. 5. Распределение фосфатов (лето 1958 г.):
а — поверхностный горизонт; б — придонный слой.

Кислород. Поверхностное распределение кислорода (рис. 4 а) — равномерное и в среднем составляет 105% насыщения. Изолинии в основном параллельны друг другу и береговой линии. Повышение концентрации кислорода наблюдается в районе свала, где содержание его возрастает до 111—116%. Здесь, в зоне подъема богатых биогенными элементами глубинных вод, создается предпосылка для благоприятных условий развития растительных организмов. Распределение кислорода

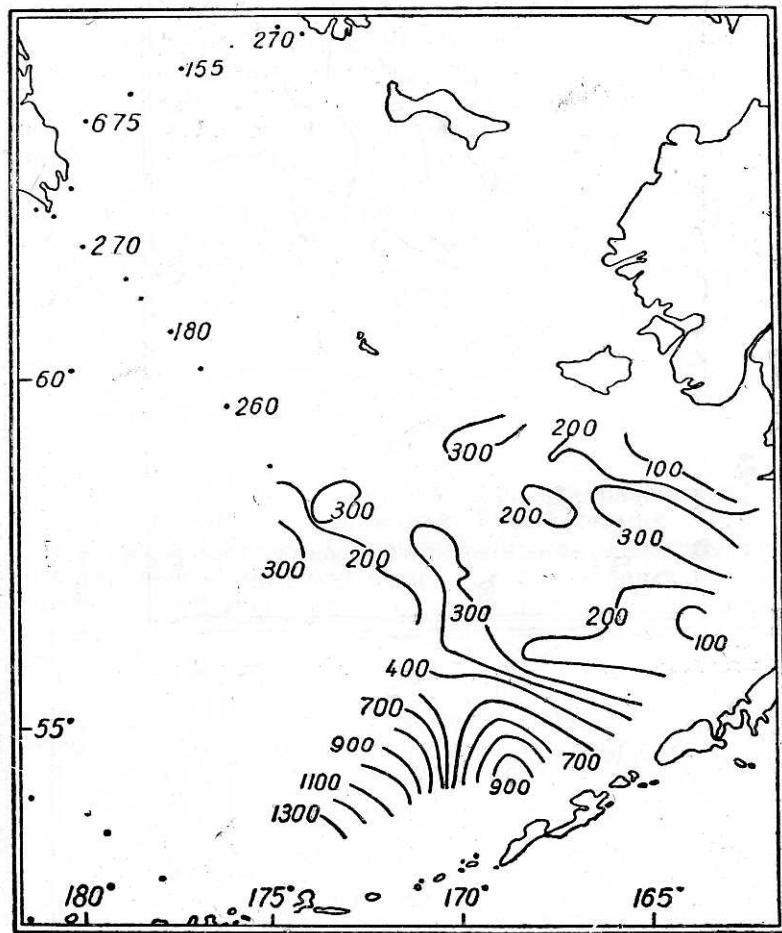


Рис. 6. Распределение кремния (лето 1958 г.), поверхностный горизонт.

у дна дает следующую картину (рис. 4 б). В прибрежной части, где глубины относительно невелики (меньше 50 м), аэрация вод высокая. По мере удаления от берега концентрация кислорода в придонном горизонте уменьшается, оставаясь все же довольно высокой — 80—90% насыщения, и только на крайнем юге этого района падает до 70%. Высокое насыщение воды кислородом в придонном слое во всей юго-восточной части Берингова моря благоприятствует развитию здесь донной фауны.

Фосфаты. Ход изолиний, характеризующих поверхностное распределение фосфатов (рис. 5 а), отчетливо указывает на закономерность распределения их в глубоководной и мелководной частях моря. Обращает на себя внимание обедненность фосфатами прибрежных вод и примыкающей к свалу северо-западной части района. Именно в этих

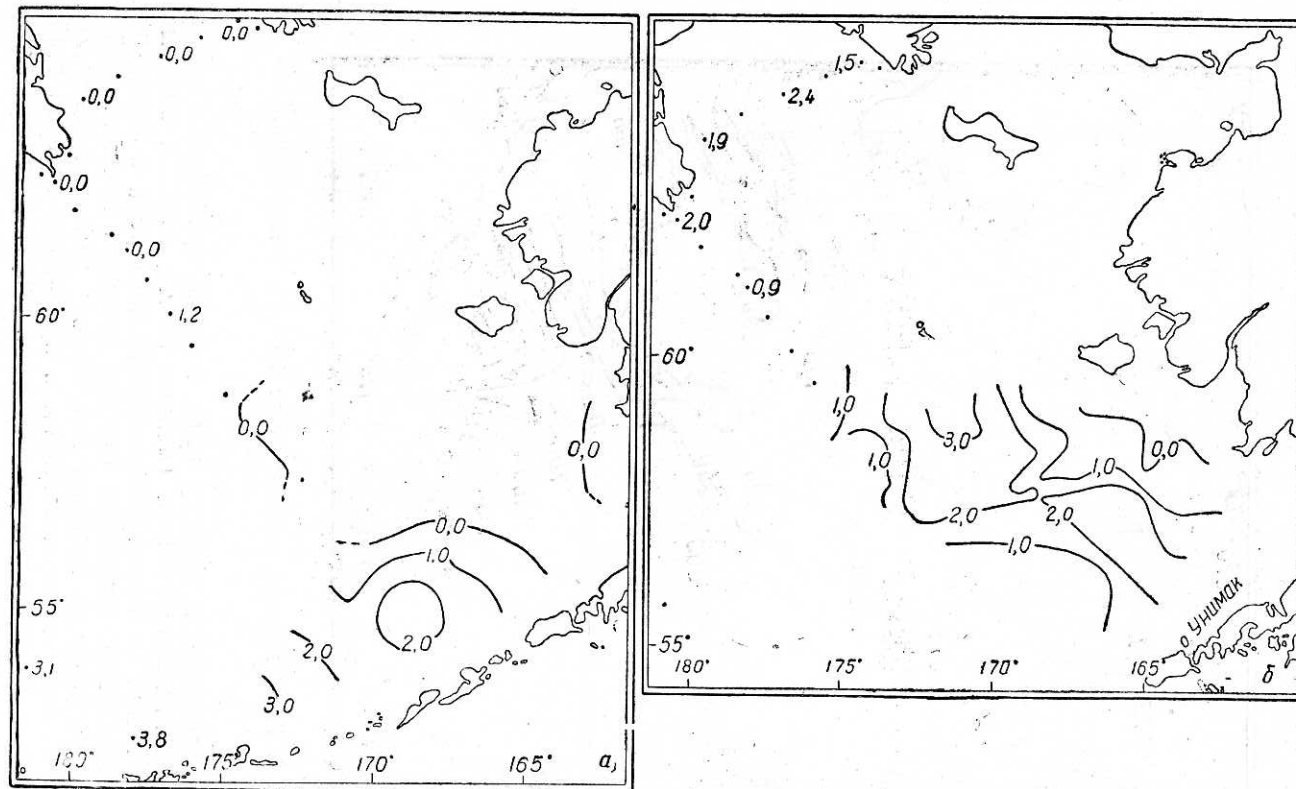


Рис. 7. Распределение нитритов (лето 1958 г.):
а — поверхностный горизонт; б — придонный слой.

районах деятельность фитопланктона проявляется наиболее активно. Южная часть моря богаче фосфатами.

Изолинии концентрации фосфатов в придонном горизонте (рис. 5 б) также параллельны друг другу и в районе свала концентрации наиболее велики.

Кремнекислота. Подобно распределению фосфатов карта поверхностного распределения кремнекислоты (рис. 6) показывает на влияние адвекции вод океана и глубоководной части моря. Поверхность всей шельфовой области занята водами почти с одинаковым содержанием кремнекислоты ($200\text{--}300\text{ мг Si/м}^3$).

Понижение концентрации наблюдается в прибрежной полосе, где она падает до $70\text{--}75\text{ мг Si/м}^3$.

Нитриты. Характерной особенностью в поверхностном распределении нитритов (рис. 7 а) является их отсутствие на всей акватории юго-восточной части Берингова моря. Только на крайнем юге этого района в зоне влияния адвекции океанических вод концентрация нитритов возрастает до 2 мг N/м^3 . Распределение нитритов еще раз подтверждает, какую огромную роль в пополнении и поддержании запасов питательных солей для юго-восточной части Берингова моря играет адвекция тихоокеанских вод.

Распределение нитритов в придонном горизонте изображено на рис. 7 б.

ВЫВОДЫ

1. Глубоководная часть Берингова моря по химической структуре тесно связана с северо-западной частью Тихого океана.

2. Концентрация биогенных элементов в поверхностном слое глубоководной части Берингова моря очень высокая — почти в два раза выше, чем в северо-западной части Тихого океана.

3. Глубинные воды Берингова моря в отличие от глубинных вод Тихого океана характеризуются более высоким содержанием фосфатов и кремнекислоты и более низким содержанием кислорода.

4. Химическая характеристика юго-восточной части Берингова моря свидетельствует о высокой продуктивности этого района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция для стандартных гидрохимических определений в море, проводимых по плану работ МГГ. Под ред. С. В. Бруевича, 1957.
2. Мокиевская В. В. Некоторые данные по химии биогенных элементов Берингова моря. Тр. Ин-та океанол. АН СССР. Т. 17, 1956.
3. Семина Г. И. К вопросу о вертикальном распределении фитопланктона в Беринговом море. ДАН СССР. Т. 101, № 5, 1955.
4. Vagnes C. A. and Thompson T. G. Physical and chemical investigations in Bering Sea and adjacent portion of the North Pacific Ocean. Univ. of Washington publications in Oceanogr. Vol. 3, № 2, 1938.
5. Data record of oceanographic observations and exploratory fishing № 1. Hokkaido, 1957.