

ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ В СЕВЕРНЫХ МОРЯХ

М. В. ФЕДОСОВ

Первоисточником органической пищи, образующейся в морских водоемах, является органическое вещество фитопланктона. Фитобентос (растительные организмы, обитающие на дне) как поставщик первичного органического вещества имеет некоторое значение лишь в морских заливах, в самой прибрежной полосе моря, на мелководьях с глубинами не более 10—30 м.

К первичной органической пище, образующейся в море в процессе синтеза, добавляется органическое вещество, поступающее в моря и океаны с суши. Около 0,1% органического вещества, находящегося во взвешенном состоянии в океане, приносят реки. Но основное значение этот сток может иметь лишь в прибрежных водах, на морских мелководьях, в предустьевых пространствах, особенно в морских заливах и бухтах. В открытых частях океанов и морей его значение оказывается второстепенным.

Первичные органические вещества, поступающие в моря и океаны из этих двух источников (в результате развития фитопланктона и в результате речного стока), существенно различаются между собой. Особенности, характеризующие это различие, могут влиять на последующие начальные звенья кормовой цепи водоема. Работами ряда исследователей, особенно Б. А. Скопинцева [3, 4], установлено, что 70—80% органического вещества, образующегося в водоеме, составляют соединения, биохимически легко разрушаемые, т. е. малостойкие, которые сравнительно легко используются водными организмами в качестве пищи. Это значит, что органическое вещество фитопланктона в значительной степени может служить полноценным кормом для мелкого зоопланктона и рыб в фотическом слое, где оно образуется. Остальные 20—30% этого

вещества — более стойкие органические соединения, не находящие массового потребления в морской воде. Только часть их может войти в пищевую цепь организмов в основном через бактериальную флору. Эту фракцию органического вещества морской воды Б. А. Скопинцев предложил называть морским гумусом.

Органическое вещество речного стока представляет собой продукт эрозии почвы, растительного покрова, остатков живших и отмерших организмов и детрит, вымываемый из водоемов. До 70% органического вещества речного стока минерализуется еще в водах суши, образуя почвенный гумус и другие стойкие формы природного детрита. В моря и океаны попадает только 30% органического вещества речного стока в виде стойких в биохимическом отношении органических веществ, которые в основном включаются в кормовую цепь организмов моря через бактериальное звено, а частично (5—10% первоначального органического вещества) уходят в донные отложения морей и океанов.

Таким образом, пути дальнейшего использования этих двух видов органических соединений, т. е. пищевые цепи, оказываются различными. В одном случае это путь от фитопланктона через зоо- и ихтиопланктон с помощью микроорганизмов, во втором случае при интенсивной подаче большой массы вещества — это путь через бактериальное звено и зообентос. В первом случае первичное органическое вещество служит источником образования пищи для мальков и мелкой рыбы, во втором случае формируется пища для более крупных рыб.

Поступающее с суши и образующееся в морских водоемах органическое вещество служит основой для последующих звеньев пищевой цепи морских организмов, населяющих море.

Органическое вещество стока и около одной четверти органического вещества фитопланктона, образующегося в море и состоящего из биохимически стойких соединений, для дальнейшего освоения должно быть предварительно использовано микроорганизмами или может входить в пищу зообентоса и других организмов, преимущественно из группы фильтрующих. В условиях постоянной подачи большого количества морской воды в зону обитания фильтрующих организмов они, по-видимому, могут, пропуская воду через фильтрующий аппарат, извлекать из нее органические вещества из сравнительно разбавленных суспензий, чтобы удовлетворить свою потребность в пище.

Годовой речной сток в океаны и моря составляет 36 000 км³. Из них в атлантическую зону поступает 20 000 км³ речных и ледниковых вод в год и в тихоокеанскую зону, включая Индийский океан, 16 000 км³. Из общей величины речного стока около 4300 км³ воды поступает в зону Северного Ледовитого океана через его моря. По отношению к объему фотического слоя (толщиной 50 м) всего Северного Ледовитого океана (поверхность которого 13 000 000 км²) это количество составляет 0,7%, а в Северо-Европейском бассейне, образуемом Норвежским, Гренландским, Баренцевым и Белым морями (поверхность 4 350 000 км²) — менее 0,02%, так как основной сток северных рек поступает в центральную и восточную части Северного Ледовитого океана, т. е. в Полярный бассейн. В прибрежной зоне Скандинавии процент резко возрастает.

В Балтийском море, вода которого менее прозрачна, чем в открытых морях, отношение речного стока к объему фотического слоя (толщина 20 м) составляет около 6,0%. Речной сток здесь играет существенную роль в снабжении водоема питательными веществами.

Очень высокая интенсивность фотосинтеза, наблюдавшаяся в мае в Девисовом проливе [7] — продукция органического вещества 0,1—0,2 мг/л, — может иметь место при значительном вертикальном переме-

щении водных масс, т. е. в зоне океанических фронтов и особенно полярных фронтов, где воды Полярного бассейна встречаются с водами океанического происхождения (табл. 1).

Таблица 1

Район	Продукция фотосинтеза за сутки в мкг-ат O ₂ /4 по месяцам							
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Атлантические воды в Гренландском море	—	—	—	13	—	30	—	—
Ледовые воды в Гренландском море	—	—	—	—	36	47	—	—
Южный район Норвежского моря	0	6	9	—	16	2	—	—
Центральный район Норвежского моря	9	5	9	—	6	—	14	6
Датский пролив и район Исландия—Ян-Майен	0	16	31	0	0	10	26	15
К северу от 50° с. ш.	—	—	—	—	—	51	—	—
К югу от 50° с. ш.	—	—	—	—	—	47	—	—
К югу от о-ва Ньюфаундленд	—	—	—	—	—	2	—	—
К северу от банки Флеминш-Кап	—	—	—	—	—	4	—	—
Девисов пролив	—	—	29	29	—	—	—	—
Балтийское море	—	—	27	27	18	9	—	—

Исследования условий формирования водных слоев [2] и химической основы первичной продуктивности [6] в зоне полярного фронта показали, что в самом водоеме имеются условия, способствующие повышению жизнедеятельности фитопланктона. Они создаются в местах полярных и океанических фронтов и в зоне плавучих льдов.

В местах схождения субантарктических вод с водами Полярного бассейна улучшаются условия снабжения планктонных организмов питательными веществами.

Динамические условия существования фитопланктона и условия диффузионной ассимиляции биогенных микроэлементов при вертикальном или циркуляционном перемещении водных слоев улучшаются, так как при этом уменьшаются скорости движения водной толщи в результате разложения течений по нескольким различно направленным векторам.

Фитопланктон, меняя свою плотность [1], может противостоять вертикальному передвижению водной толщи. В связи с этим усиливается приток к организмам фитопланктона химических соединений с постоянно обновляющейся морской водой. Аналогичные условия создаются в местах завихрений, когда поступательное движение воды переходит во вращательное, локализованное в определенном и, до известной степени, постоянном месте. Установлено, что при значительном волнении, когда в поверхностном слое морской воды создаются неблагоприятные для жизнедеятельности фитопланктона гидродинамические условия, максимум фотосинтеза перемещается на глубину около 25 м, где условия освещенности еще удовлетворительны, а в некоторых местах и более благоприятны, а волновое перемещение ослаблено настолько, что позволяет фитопланктону интенсивно развиваться.

В зоне массового скопления плавучего льда наблюдается большое количество азотистых и органических питательных веществ.

Азотистые вещества концентрируются во льду и снегу как накопители атмосферных осадков, относительно богатых соединениями минерального азота — продуктами электромагнитных процессов в атмосфере. Поступая в течение года на поверхность моря вместе с дождем, эти соединения не могут существенно влиять на содержание азота в северных морях, так как составляют всего доли процента от запасов его в фотическом слое. Попадая со снегом на льды, плавающие в море, азотистые соединения концентрируются в ограниченном месте и лишь в период массового таяния льдов в большом количестве поступают в фотическую зону верхнего слоя моря, вызывая резкое кратковременное обогащение ее азотом и другими питательными веществами.

В основном льды, подвергаясь постоянному воздействию морских волн, концентрируют приносимые ими органические вещества до периода массового таяния льдов, когда эти вещества вновь попадают в фотический слой, но уже в сконцентрированном виде. Работами Б. А. Скопинцева [3] установлено, что в морской пене прибрежного района содержится во много раз больше, чем в морской воде. Подобный же процесс концентрации органического вещества происходит и при взаимодействии морских волн со льдинами. Твердая фаза воды (льды) собирает и концентрирует питательные вещества, находящиеся в рассеянном состоянии в водах океана. В дальнейшем они участвуют в формировании обогащенной «химической базы» фотосинтеза в фотическом слое моря, в ледовых водах северных районов морей.

Воды фотического слоя Северо-Европейского бассейна Северного Ледовитого океана и Девисова пролива пополняются также ледниковым стоком и льдами гренландских, исландских, шпицбергенских и новоземельских островных ледников и ледовых образований. Это также приводит к сравнительно сконцентрированному одновременному поступлению в море биостимулирующих веществ, однако в количественном отношении этот источник пополнения фотического слоя биогенными элементами весьма незначителен.

Процессы снабжения планктона в фотическом слое питательными веществами, содержащимися в природных водах, оказывают весьма существенное влияние на формирование первичной кормности в фотическом слое открытой зоны морей и океана. Но иногда в условиях прибрежного шельфа эти процессы становятся второстепенными по сравнению со снабжением фотического слоя питательными веществами речного берегового стока (табл. 2).

Таблица 2

Воды	Содержание биогенных элементов в мкг/л		Чьи данные
	азот	фосфор	
Атмосферные осадки	≤ 100	—	Е. Эрикссон, 1954
Норвежских фиордов	—	29	Стром, 1939
Норвежских фиордов в зоне стагнации	—	143	То же
Тающих морских льдов	Значительное количество	До 25—70	В. С. Краснова
Тающего снега . . .	390	—	Н. Фейльтцен, И. Люгнер, 1909

Норвежское море снабжается питательными веществами в основном в результате приноса их водами Атлантического океана.

Однако в прибрежной шельфовой полосе Скандинавского полуострова первостепенное значение при формировании продуктивности может иметь береговой сток.

В Баренцево море основное количество биогенных элементов также поступает с атлантическими водами, приходящими через Норвежское море. Однако в Колгуево-Печорском районе, в зоне Гусиной банки и Новоземельских мелководий существенна роль берегового и речного стока.

В Балтийском море речной сток снабжает питательными веществами прежде всего его многочисленные заливы, а в само море они поступают в результате водообмена со смежными водоемами и в значительной мере за счет воды, поступающей из Северного моря. Однако ввиду более высокой плотности этих вод по сравнению с плотностью верхних слоев балтийских вод североморские воды распределяются в придонных слоях основных впадин Балтийского моря. Вследствие этого биогенные элементы, поступающие таким путем в Балтийское море, проникают в фотический слой в весьма ограниченном количестве и только в тех местах, где наблюдается подъем придонных вод.

В Рижском заливе речной сток по отношению к водной массе составляет 70%, а по отношению к водам мелководья значительно больше, в Пярнуской бухте 400%, в Вислинском заливе 700% и т. п.

Интересен наблюдаемый подъем придонных вод из Рижского залива в Пярнускую бухту. В этом случае запасы питательных веществ, накопленные в сравнительно большом водоеме, сосредоточиваются в фотическом слое, объем которого значительно меньше, а продуктивность весьма велика.

Курский залив Балтийского моря — эстуарий реки Немана — в основном пресноводный водоем, через который проходит речной воды в два раза больше, чем его объем. Только в ограниченной северо-восточной части залива заметно существенное влияние вод Балтийского моря. В связи с этим оказывается возможным сравнить условия обитания и развития промысловых организмов в той и другой части водоема.

Результаты изучения условий и закономерностей формирования химической основы первичной продуктивности морей и океанов служат отправными данными при оценке первичной продуктивности и первичной кормности морских водоемов и их отдельных районов и частей. Они позволяют улучшить прогнозирование состояния первичной продуктивности морских водоемов, дают основание для разработки мероприятий по мелиорации водного режима с целью повышения промысловой ценности водоемов.

ВЫВОДЫ

1. Морские воды пополняются двумя генетически различными видами органического вещества: органическим веществом, синтезируемым фитопланктоном в фотическом слое из минеральных веществ, и органическим веществом организмов суши, приносимым в океан с береговым стоком и частично с атмосферными осадками, выпадающими на его поверхность.

2. В водной толще океана и морей накопилось большое количество «старого» органического вещества, в десятки и сотни раз превышающее ежегодное поступление нового органического вещества. Однако это накопившееся органическое вещество биохимически весьма инертно и в

морских условиях ассимилируется лишь ограниченным количеством морских организмов. Первичным звеном трофического ряда гетеротрофных морских организмов служат оба вида органического вещества. В последующих пищевых звеньях органическое вещество используется наиболее интенсивно в условиях его наибольшей концентрации.

3. В вегетационный период в фотическом слое различных районов северных морей наблюдается повышенная концентрация новообразующегося органического вещества. Береговой сток создает дополнительные условия для повышения концентрации органического вещества в надшельфовой зоне морей и заливов. В северных морях при льдообразовании плавающие льды концентрируют органическое вещество поверхностных вод и вод, приносимых атмосферными осадками. В период таяния льда большое количество его переходит в поверхностный слой воды.

4. Различие генезиса, степени концентрации и биохимической усвояемости обоих видов органического вещества в морях должны определять и характер последующего биологического звена пищевой цепи: планктон, бентические фильтраторы или морские микробы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Зернов С. А. Общая гидробиология. Биомедгиз. 1934.
2. Ижевский Г. К. Воды полярного фронта и распределение атлантических сельдей. Изд-во журнала «Рыбное хозяйство». 1958.
3. Скопинцев Б. А. Органическое вещество в морской воде и пене юго-восточной части Каспийского моря. ДАН СССР. Т. 18. № 7. 1938.
4. Скопинцев Б. А. Органическое вещество в морских водах. Труды ГОИНа. Вып. 10/22. Гидрометеониздат. 1948.
5. Скопинцев Б. А. Органическое вещество в природных водах. Труды ГОИНа. Вып. 17/29. Гидрометеониздат. 1950.
6. Федосов М. В., Минкина А. Л., Ермаченко И. А. Условия формирования гидрохимического режима и первичной продуктивности Баренцева моря. Сб. «Вопросы промысловой продуктивности морей». Изд-во журнала «Рыбное хозяйство». 1960.
7. Fedosov M. V., Andreev V. Hydrochemical Observation in Davis Strait in Spring, 1958 г. Докл. на 47-й сессии ИКЕС. Special IGJ Meeting. № 13. Копенгаген.