

МОСКОВСКОЕ ОБЩЕСТВО ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ

БИОЛОГИЯ ОКЕАНА



Москва. 1988

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАУНЫ БЕЛОГО МОРИ

Т.А.Бек, К.Н.Кособокова, А.Н.Пантылин, Н.М.Парцова,
Н.Д.Семёнова, Н.П.Шарнаух, Ф.А.Шорбаков

В 1972–1986 гг. на Беломорской биостанции МГУ проведено комплексное исследование гидрологического режима, планктонной фауны, донных осадков и донной фауны Белого моря. Всего сделано 370 станций: 200 – в Кандалякшском заливе, 70 – в Бассейне, 55 – в Двинском и 45 – в Онежском заливах. В Бассейне, Кандалякшском заливе и части Двинского залива проведена полная гидрологическая съёмка по стандартным горизонтам, собраны пробы зоопланктона. В других районах моря измеряли температуру и солёность только придонного слоя воды; на всех станциях отбирали грунт для гранулометрического анализа донных осадков, брали две количественные пробы бентоса с площадью $0,25 \text{ м}^2$ дночерпателем "Океан" и одну качественную траловую пробу. Таким образом, получены данные по гидрологии, распределению осадков, составу, распределению и обилию донной фауны. В эти же годы вели наблюдения над особенностями формирования органического вещества осадка.

Полученные нами данные дали возможность уточнить гидрологическую структуру Белого моря. Применение современных методов исследования и анализа позволило установить в центральной части Белого моря в летний период три сменяющиеся по глубине водные массы (а не две, как считалось ранее). Поверхностная водная масса характеризуется температурой более 12° и солёностью менее $26^{\circ}/\text{оо}$; её ядро лежит на поверхности водоёма, и простирается она до глубины в среднем около 15 м. Она формируется летом за счёт взаимодействия с атмосферой, под влиянием речного стока, приливно-отливных течений, ветров.

Глубинная водная масса формируется зимой в районе Горла в результате поступления вод из Баренцева моря. Она характеризуется температурой ниже -1° и солёностью выше $29^{\circ}/\text{оо}$; её ядро лежит на глубине около 150 м. Характерно, что зимнее перемешивание вод не захватывает глубинную водную массу.

Воды Баренцева моря, поступающие в Белое с весны до осени, формируют промежуточную водную массу. Она располагается в слое от 20 до 100 м и характеризуется термогалинными показателями от -1° до $+8^{\circ}$ и от $27,5^{\circ}/\text{оо}$ до $29,0^{\circ}/\text{оо}$. К дополнительным источникам формирования промежуточной водной массы относятся

зимняя вертикальная циркуляция и поступление вод из Онежского залива. Непрерывные вертикальные зондирования температуры обнаружили инверсионные прослойки толщиной 3–5 м, соответствующие характеристикам летних вод Горла и свидетельствующие об их проникновении в Бассейн. Промежуточная водная масса обнаруживается также по таким гидрохимическим показателям, как абсолютное содержание кислорода, отношение азот/фосфор.

Разумеется, поверхности раздела между водными массами не такие чёткие, как, например, между водой и атмосферой; границы между водными массами подвержены сезонным и межгодовым колебаниям.

Исследования зоопланктона, проведённые в Кандалякшском заливе и Бассейне, позволили охарактеризовать изменения состава, количественного развития и распределения доминирующей группы зоопланктона – копепод – на протяжении годового цикла.

Основное ядро населения пелагиали составляют холодноватые копеподы: калянус, метридия, псевдокалянус. Их доля в верхнем 50-метровом слое составляет в общей биомассе зоопланктона более 60%, а глубже 50 м – более 80%. Большую часть года калянус и метридия концентрируются в глубоководных районах моря, но их размножение и развитие молоди происходят в верхних слоях воды, и в этот период они наиболее широко расселяются в водоёме. Псевдокалянус в течение всего года более приурочен к прибрежным районам. В прибрежье на мелководье в создании биомассы зоопланктона не меньшую роль играют виды тепловодного комплекса родов *Temora* и *Centropages*. Это виды, у которых в условиях Белого моря только часть жизненного цикла проходит в пелагиали.

Упомянутые виды совершают активные перемещения по вертикали – возрастные, сезонные и суточные миграции, связанные с сезонными изменениями условий и особенностями биологии видов. Холодноводные виды мигрируют в пределах всей водной структуры моря, тепловодные – в пределах двух водных масс: поверхностной и промежуточной. Наибольшая интенсивность суточных миграций у всех видов отмечается в летний период. Благодаря перемещению большой массы животных в течение суток создаётся большая неоднородность в распределении биомассы зоопланктона по вертикали.

Сезонные изменения наблюдаются в вертикальном распределении у всех видов. Фитофаги – калянус и псевдокалянус – поднимаются ближе всего к поверхности весной, в период вегетации фитопланк-

тона; эврифаг - метридия - осенью и зимой, когда фитопланктон беден или отсутствует; темора и центропагес постоянно сконцентрированы не глубже 20-30 м, мигрируя обычно в пределах этого слоя.

Периоды массового размножения и максимальной численности у всех видов совпадают с вегетацией фитопланктона. Зимой, когда фитопланктон отсутствует, у калянуса и псевдокалянуса наблюдается задержка в развитии, тогда как у метридии оно не прекращается, темора и центропагес проводят зиму в стадии покоящихся яиц на дне водоёма.

Максимум биомассы зоопланктона обычно приходится на конец июня-начало июля, что совпадает с обилием двух видов: калянуса и псевдокалянуса. В Белом море весной и летом наиболее богатыми районами являются мелководья, где весной временно присутствует молодь холодноводных видов, а затем летом в массе развиваются тепловодные. Зимой эти районы, напротив, очень бедны.

Проведённый анализ гранулометрического состава донных осадков позволяет говорить о следующих особенностях распределения типов осадков в Белом море: вся центральная часть моря занята тонкодисперсными пелитовыми илами; вдоль берегов везде тянутся полосы гравийно-галечных грунтов; вдоль Терского берега полосой же тянутся мягкие алевроитовые осадки, вдоль Карельского - осадки более песчаные. Характернейшая особенность Белого моря - значительное развитие смешанных, плохо сортированных осадков, сильнее развитых вдоль Терского берега.

Сравнение видовых списков донных животных из разных районов моря позволило установить, что видовой состав донной фауны почти одинаков по всему морю. Однако количественное развитие и соотношение видов в разных частях моря совершенно различны.

Анализ распределения донных биоценозов по акватории моря показал, что открытая часть Кандалякшского залива, Бассейн и прилегающая к Бассейну часть Двинского залива представляют собой одно целое. Кутовая часть Кандалякшского залива, Двинский и Онежский заливы отличаются как от центральной части моря, так и друг от друга.

Нами проанализированы состав и структура наиболее значимых видов донного населения, т.е. видов, биомасса которых составляет более 1 % от биомассы всех видов на станции. Выяснилось, что в центральной части моря прослеживается чёткая вертикаль-

ная зональность в распределении донной фауны. Выделены три фаунистические зоны. I - зона португалии - располагается в центральном глубоководном жёлобе; она характеризуется резким доминированием (по биомассе) видов двух родов - португалии и нукуляны - и чётким набором немногих характерных видов. II зона - астартидно-полихетная; в неё входит довольно много биоценозов с разными доминирующими видами, которые отличаются друг от друга лишь расположением видов - набор значимых по биомассе видов один и тот же. Между этими двумя зонами располагается переходная (преимущественно с доминированием нукуляны), где присутствуют виды и той, и другой зоны.

Выше астартидно-полихетной зоны, на глубине менее 20 м, взято мало проб, и часто они были нерепрезентативны из-за плохой работы дночерпателя на жёстких грунтах. Эта прибрежная часть явно отличается от астартидно-полихетной зоны по составу значимого по биомассе населения; вероятно, между ними тоже есть переходная часть, но у нас недостаточно материала.

Если на карту фаунистических зон нанести границы водных масс, то обнаружится хорошее совпадение гидрологических и биологических границ. Оно нарушается лишь в районе Горла. Перед Горлом в Бассейн выделяется ряд станций со своеобразным населением, отличающимся от окружающего; район Горла и гидрологически очень своеобразен. Таким образом, смена фаунистических зон определяется в основном сменой водных масс.

Анализ донного населения Белого моря и его распределения показал, что участки дна, лежащие на границах центральной части моря с заливами, отличаются по составу и структуре населения от окружающих участков. Необходимы более детальные комплексные исследования этих районов.

Сравнение распределения биоценозов и типов донных осадков показало: почти всегда изменение типа осадка приводит к смене биоценоза, т.е. грунтовые границы хорошо совпадают с биоценозическими. Но животные реагируют не только на изменение доминирующей фракции осадка (например, песка на пелит). В кутовой части Кандалякшского залива, например, большое значение для распределения биоценозов имеет распределение второй по значимости фракции осадка. Вообще оказалось, что на одних и тех же осадках в разных частях моря могут доминировать разные виды донных беспозвоночных. Более того, в одной и той же фаунистической зоне

биоценозы с одним и тем же доминирующим видом, если они разобщены пространственно, могут располагаться на разных типах осадка.

Вероятно, деление осадка на четыре фракции является слишком грубым, как и проведение границ между типами осадков по 50 %-ому содержанию одной из фракций. Необходимо более подробно учитывать примеси других фракций. Кроме того, очевидно, что гранулометрическим составом характеристика донного осадка как фактора, влияющего на распределение и обилие животных, не исчерпывается. Особенности донных биоценозов могут в ряде случаев найти своё объяснение в специфике органической фракции осадка. В связи с этим представляют интерес пути формирования органических веществ (ОВ) современных осадков Белого моря.

Литологические исследования последних лет в области осадкообразования и геохимии океана показали, что в этих процессах чрезвычайно велика роль биоса — и как поставщика исходного материала, и как фактора его переработки и транспортировки в бассейн седиментации (Лисицын, 1983а).

Участие биоса в осадкообразовании пока оценивается лишь по результатам деятельности фильтраторов. Более изучена деятельность планктона, менее — бентоса. А.П.Лисицын (1983б), анализируя систему биофильтра бентоса, подчёркивает, в частности, способность крупных бентосных организмов улавливать крупный детрит и использовать не только растворённое в воде, но и сорбированное на частицах ОВ. Система биофильтра бентоса приурочена к шельфу и имеет наибольшую мощность в местах значительно поступления осадочного материала с суши.

Однако материал поступает не только с суши и мобилизуется не только фильтраторами. Биофильтр — это крупный блок сложной системы, осуществляющей круговорот органического вещества в прибрежной зоне и поступление его в глубже лежащие зоны моря. Наряду с мелкодисперсной органикой, соразмерной фильтрующим аппаратам и улавливаемой ими, в прибрежной зоне сосредотачивается огромное количество ОВ иного морфологического облика и иной локализации. Основной массив складывается из растительной ткани макрофитного происхождения: талломов погибших бурых, красных и зелёных водорослей, их фрагментов. К нему присоединяются микрофиты, сосудистые растения приморских лугов и терригенная органика. Гибель животных в прибрежной зоне, имеющая

большой размах и постоянство, пополняет фонд органикой животного происхождения.

Большая часть органического вещества, вовлечённого в краткосрочный круговорот, осуществляемый прибрежным сообществом, так или иначе минерализуется. В донные осадки переходят более стабильные компоненты в составе мелкодисперсной гомогенной взвеси, включающей устойчивые образования — фекальные пеллеты. На скорость оборота ОВ в прибрежной зоне указывает незначительное количество $C_{\text{орг}}$ в осадках литорали (0,33–0,40%), в то время как донные осадки Бассейна содержат около 0,60%, Кандалякского залива — 0,57–1,05, губы Колвицы — 1,42, Бабьего моря — 2,89%. Фекалии литторин, наиболее обычные в донных осадках, сохраняют до 19% $C_{\text{орг}}$.

Органическое вещество, поступившее в донный осадок, частью вовлекается в детритный круговорот, осуществляемый донным сообществом. Наиболее устойчивые элементы переходят в долгосрочный геологический круговорот.

Оценка прибрежного сообщества как источника ОВ осадка и специфики самого осадка требует поиска маркеров, по которым может быть восстановлена генетическая принадлежность исходного материала.

Анализ исходного материала — бурых, зелёных и красных водорослей, высших растений литорали (морского подорожника), бентоса (тканей мидий) и планктона (с преобладанием коллоидных стадий ракообразных) — показал различия в структуре гуминовых кислот (ГК). После двухмесячного разложения в лабораторных условиях в закрытых сосудах ёмкостью 50 мл было утрачено от 6 до 25% углеродистых соединений (азотистые разлагаются ещё быстрее). Разложение исходного ОВ ведёт к снижению в его составе таких растворимых компонентов как хлороформенные битумоиды и гуминовые кислоты. Изменение состава ГК, по Д.С.Орлову (1974), представляет собой естественный отбор, в результате которого сохраняются наиболее устойчивые фракции. Трансформация ГК, изученная методом гельхроматографии на сефадексах (рисунок), иллюстрирует это представление. В наибольшей степени изменяется молекулярная структура ГК водорослей: от выраженной полидисперсности к преобладанию одной фракции. Постепенно исчезают компоненты с меньшими молекулярными весами (табл. I), среди которых сохраняются низкомолекулярные. В гуминовых кислотах тканей мидий и планктоне исходно содержатся высокомолекулярные фракции,

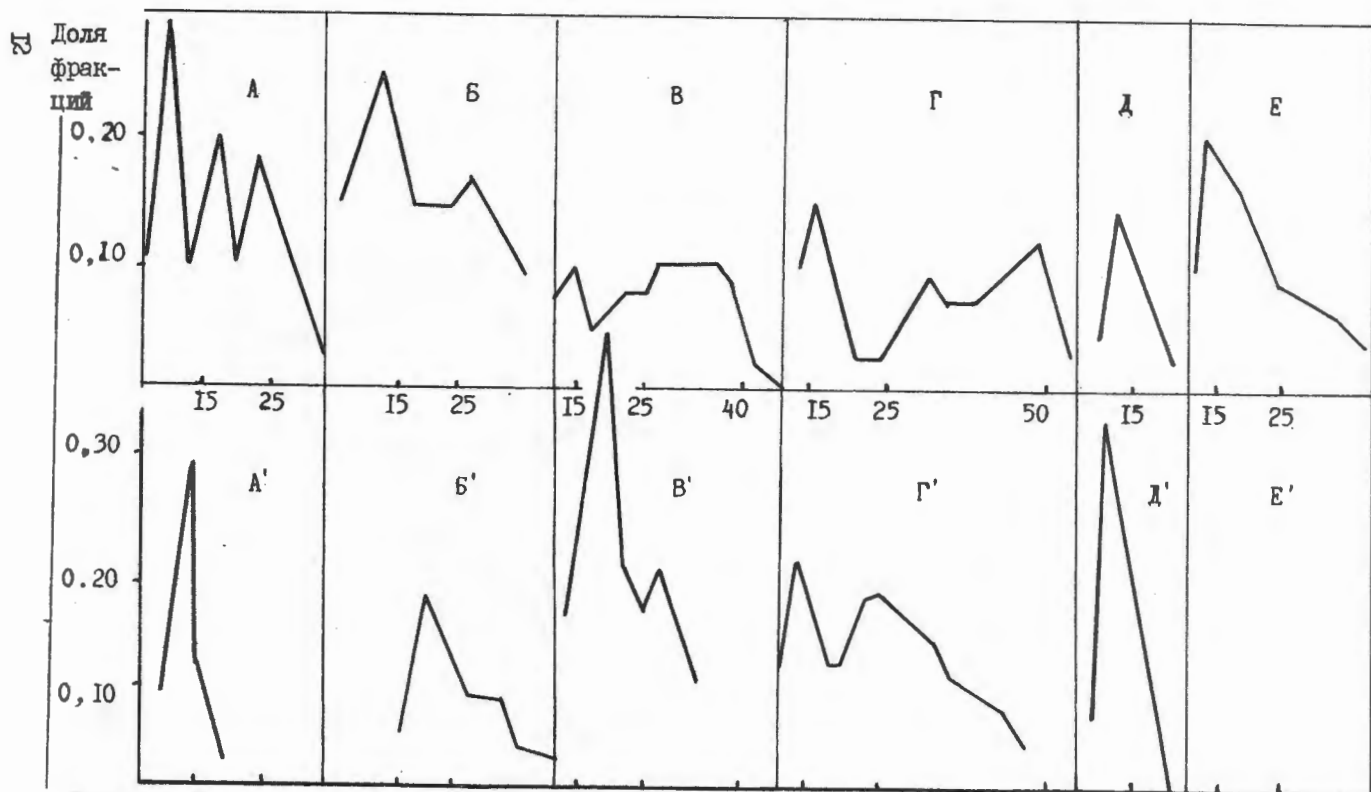


Рисунок. Элюционные кривые гуминовых кислот до (А-Е) и после (А'-Е') разложения. А - зелёные, Б - бурые, В - красные водоросли; Г - сосудистые растения; Д - бентос; Е - планктон.

Таблица I. Изменение состава ГК в процессе разложения (лабораторный эксперимент)

Образец	До разложения				После разложения			
	I	II	III	IV*	I	II	III	IV*
Красные водоросли	<u>124 000</u>	<u>56 890</u>	<u>20 090</u>	-	<u>172 440</u>	<u>56890</u>	-	-
	36,77	22,53	40,65		73,87	26,13		
Бурые водоросли	<u>160 700</u>	<u>81 280</u>	<u>43 850</u>	-	<u>72 440</u>	<u>22 860</u>	-	-
	46,27	21,18	32,55		71,43	28,57		
Зелёные водоросли	<u>124 200</u>	<u>43 850</u>	<u>17 660</u>	-	<u>70 440</u>	<u>22 860</u>	-	-
	22,55	12,75	64,70		60,59	39,41		
Высшие растения	<u>124 200</u>	<u>56 890</u>	<u>39 646</u>	<u>3 258</u>	<u>124 200</u>	<u>64 710</u>	<u>5 364</u>	<u>4 808</u>
	36,40	1,92	24,52	37,16	27,27	8,18	53,64	10,90
Бентос	<u>160 700</u>	-	-	-	<u>124 200</u>	-	-	-
	100				100			
Планктон	<u>123 000</u>	<u>22 860</u>	-	-	не определялось			
	64,52	35,48						

* Номера фракций; в числителе - молекулярная масса ГК, в знаменателе - выход фракции, %.

Фракционный состав ГК осадков Белого моря

Характер образца и место отбора	Ф р а к ц и и *						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Осадки центральной части Бассейна	$\frac{458,1}{2,8}$	$\frac{207,0}{27,8}$	$\frac{109,4}{19,4}$	$\frac{52,9}{22,2}$	$\frac{21,3}{27,8}$	-	-
Осадки Бабыего моря	$\frac{600,0}{8,0}$	$\frac{248,3}{24,0}$	$\frac{150,7}{20,0}$	$\frac{55,4}{48,0}$	-	-	-
Осадки Ругозерской губы	-	$\frac{272,0}{23,2}$	$\frac{109,6}{12,5}$	$\frac{57,9}{17,9}$	$\frac{21,3}{30,4}$	$\frac{10,3}{16,0}$	-
Осадки губы Кислой	$\frac{514,0}{2,3}$	$\frac{207,0}{23,3}$	$\frac{93,3}{23,3}$	$\frac{44,1}{16,3}$	$\frac{25,5}{13,9}$	$\frac{11,2}{20,9}$	-
Осадки губы Колвица	$\frac{514,0}{2,0}$	$\frac{157,7}{26,5}$	$\frac{100,0}{10,2}$	$\frac{40,2}{20,4}$	$\frac{25,5}{10,2}$	$\frac{14,8}{12,3}$	$\frac{6,5}{18,4}$

* В числителе даётся молекулярная масса ГК, в знаменателе - выход фракций, %.

характер их распределения, видимо, не меняется в процессе разложения.

Эти данные свидетельствуют о том, что молекулярно-массовый состав ГК может быть специфичен для исходного материала разного генезиса, и специфичность его усугубляется по мере разложения. Бурные водоросли, разлагавшиеся в естественных условиях (отображены с литорали на разных стадиях разложения), в конце-концов сохраняют в составе гуминовых кислот только среднемoleкулярные фракции. Такую же структуру приобретают ГК, прошедшие в составе детрита через пищеварительную систему литторин.

Всё, изложенное выше, позволяет предполагать, что генетическая принадлежность исходного ОБ может быть восстановлена в полевом эксперименте по составу ГК: степени полидисперсности, величинам молекулярных масс составляющих фракций и их соотношению, выраженному в форме элизионных кривых. Возможно, поставщиком ГК с меньшими молекулярными массами являются осудожные растения моря. Низкомолекулярные ГК присутствуют именно в заливах и губах Белого моря, где довольно велика биомасса zostеры, морского подорожника, морской астры и т.п. В глубоководной зоне отмечены в основном высоко- и среднемoleкулярные фракции ГК (табл. 2). Экспериментальное исследование генезиса ГК, таким образом, может позволить дифференцировать вклад каждой из разновидностей биомассы, разделить автохтонную и аллохтонную составляющие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисицын А.П. Биодифференциация вещества в океане // Биоседиментация в морях и океанах. Тез. докл. Всес. совещ. Теберда, 26 сент. - 1 окт. 1983 г. М.: 1983а.С. 3-8.
2. Лисицын А.П. Система биофильтра бентоса. // Биоседиментация в морях и океанах. Тез. докл. Всес. совещ. Теберда, 26 сент. - 1 окт. 1983 г. М.: 1983б.С. 62-64.
3. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М.: МГУ, 1974. 333 с.