

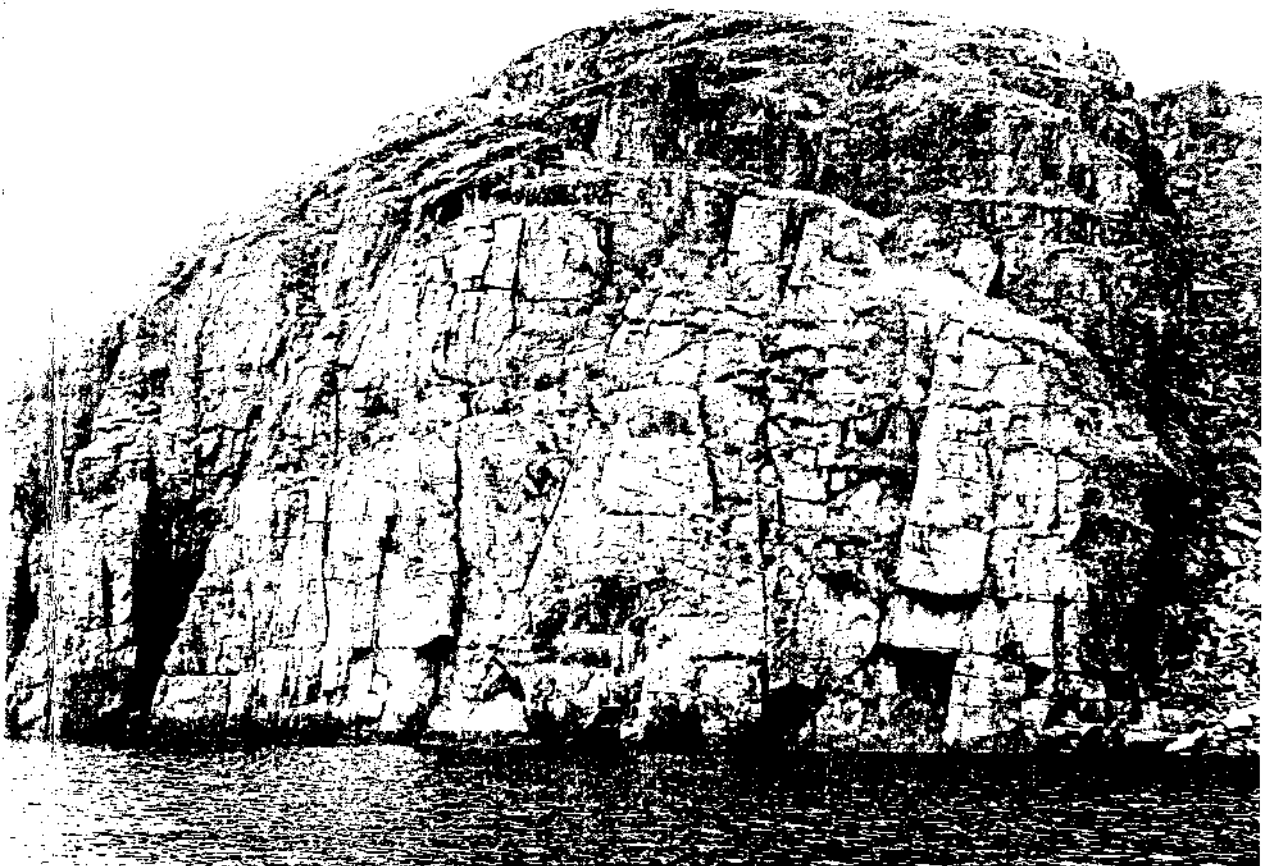
Российская академия наук

Министерство промышленности, науки и технологий
Российской Федерации



ВЕКОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ

КЛИМАТ, МОРСКОЙ ПЕРИГЛЯЦИАЛ, БИОПРОДУКТИВНОСТЬ



Апатиты
2001

Т. А. Бек, Г. А. Колбасов, К. В. Соколов

Беломорская биологическая станция МГУ им. М. В. Ломоносова

**ЭКОСИСТЕМА БЕЛОГО МОРЯ
КАК РАЗВЯЗКА МАССОПОТОКОВ СУША-ОКЕАН**

Белое море хорошо изучено; история исследований, ведущихся в нем, насчитывает более полутора веков. Однако как ни велик массив накопленных данных, их экосистемные интерпретации оставляют желать лучшего. Это относится и к палеонтологической летописи. Она опирается на массовые виды, бывшие эдификаторами консорциев, но не дает представления о пространственно-временных масштабах существования самих этих консорциев и особенностей их функционирования.

Следует признать, что наши представления о вековых изменениях морских экосистем базируются, отнюдь, не на системообразующих, а случайных признаках. Это исторически закономерная ситуация и она распространяется не столько на конкретные морские экосистемы, сколько на исследовательский процесс в целом. Методологические подходы, вполне адекватные некогда стоявшим задачам, для системных исследований не годятся.

Известно, что развитие научного знания не линейно. Длительные, измеряющиеся в отдельных науках столетиями, периоды накопления, классификации и упорядочения фактов и теорий сменяются бурными перестройками, иногда инициированный решением конкретных более или менее крупных задач (Грязнов, 1977), в течение нескольких десятков лет общепринятая парадигма утрачивает доминирующее положение и включается в новую иерархию, объемлющую также и факты, и теории так называемых смежных наук. Образцы общеизвестны: это, например, переходы от евклидовой к неевклидовой геометрии, от физики Ньютона к физике после Эйнштейна.

Можно думать, что аналогичный процесс обнаруживает себя и в современной биологии с ее дарвиновской парадигмой. Очевидные проблемы, связанные с неадекватностью традиционных методологий, возникают в социально востребованных областях, в первую очередь - в экологии. Создание же новых методологических подходов и отвечающих им методик - дело, вообще говоря, невозможное, если научное сознание ориентировано только на конкретные социальные заказы. В отсутствие новой обобщающей парадигмы процесс науки в этом случае сводится к совершенствованию научных технологий.

Однако к настоящему времени иерархия, которая вбирает в себя дарвиновскую биологию, обозначилась достаточно ясно: это система знаний, выстраивающихся в рамках биогеохимии, - науки, чье возникновение связывают с именем В. И. Вернадского. Центральное положение мировоззрения В. И. Вернадского, в том его аспекте, который соприкасается с биологией, - "биоэнергетический ток атомов" (Вернадский, 1991, с. 15). Известно, что основные атомы в составе органического вещества представлены циклическими или органогенными элементами, которые образуют почти всю земную кору. Их геохимическая история может быть выражена круговыми процессами (циклами). Они наблюдаются не только для С, О, Н, N, P, S, но и для Fe, Cu, Zn, V, Mn. По этому признаку В. И. Вернадский справедливо не отличает живое вещество от косного: "Биологи забывают, что изучаемый ими организм является неразрывной частью земной коры, представляет собой механизм ее изменяющий и может быть отделен от нее только в нашей абстракции" (Вернадский, 1994, с. 26). Хотя такой пассаж невыносим для биолога, даже самые ортодоксальные из нас не могут не сознавать, что ограничение метаболических процессов строго объемом организма - условность. Она необходима в рамках дарвиновской парадигмы для целей изучения отдельных организ-

мов. В действительности же эпидерма, хотя и граница тел, но не препятствие для движения атомов. Их ток "через организм" в процессах дыхания, питания, роста (метаморфозов и линек), обмена информацией, умирания абсолютно очевиден. Также очевидно и то, что он вызван и поддерживается жизнью, и это относится не только к отдельным организмам, но и к их совокупностям. В обезжизненных областях (например, в метаморфизирующих породах) масштабы и скорости движения атомов абсолютно иные.

Уже старшие современники Ч. Дарвина ощущали эту еще неясную точку дихотомии научной мысли: чисто биологической, для которой важна форма живого тела, и будущей, биогеохимической, обращенной к его веществу. Ж. Кювье, создатель типологии, писал: "Жизнь представляет ... вихрь, направление которого постоянно и который всегда захватывает молекулы, обладающие определенными свойствами; но в него постоянно проникают и из него постоянно выбывают индивидуальные молекулы, так что форма живого тела для него существеннее, чем вещество. Пока это движение существует, тело в котором оно имеет место, живо, оно живет. Когда движение окончательно останавливается, тело умирает" (цит. по: Вернадский, 1983, с. 52). В приведенном отрывке для нас важно как одно из определений жизни, так и то, что она "захватывает молекулы, обладающие определенными свойствами". Говоря современным языком, характеристика среды обитания по Ж. Кювье, начинается с молекулярного уровня (в изложении В. И. Вернадского - с атомарного). Захват молекул (атомов) - один из эпизодов их биоэнергетического тока: концентрирование в определенной форме (организме), за которым неизбежно следует "деперсонализация" - рассеивание.

Так называемую "среду" можно рассматривать как единый резервуар атомов, которые живое вещество с разными скоростями перекачивают из одних компарментов в другие. Крупнейшим из них является атмосфера: "... все земные газы (исключая вулканические эманации) так или иначе связаны организмами с процессами жизни. И, вместе с тем, те же газы: O₂, CO₂, H₂O, NH₃, H₂S, SO₂, SO₃, H₂, CH₄, CO, C₂H₆, CSO, NO₂ выделяются назад в атмосферу после смерти организмов, при их разрушении или в процессах жизни" (Вернадский, 1994, с. 310).

Таким образом, созидание и деятельность живого вещества прежде всего не может прийти в противоречие со свойствами атмосферных газов и особенностями их динамики. Поскольку, благодаря атомарному единству, атмосфера находится в динамическом равновесии с другими компартаментами: гидро- и литосферами, такое противоречие означало бы восстание живого вещества против основ мироздания, движение против эволюционных процессов вселенной. Этим обстоятельством и регулируется жизнь в целом; частные же регуляторные механизмы могут иметь более специфический, биологический характер (например, зависимость численности от плотности, отношения хищник-жертва, конкуренция и пр.). Излишне говорить, что

влияние климата как маркера космических и механизма планетарных процессов на живые организмы осуществляется, прежде всего, на атомарном уровне в соответствии с его физическими законами.

Ориентированность потоков органогенных и ассоциированных с ними элементов (массопотоков); климатические явления, определяющие их постоянство или, напротив, вызывающие возмущение; деятельность живого вещества как целостного механизма, обеспечивающего обработку массопотоков в меняющихся условиях, - проблемы, находящиеся в ведении "смежных" с биологией наук. Особенности же деятельности структурных единиц этого механизма: сообществ, видов, популяций, особей - находятся в компетенции биологов. До тех пор, пока дела обстоят именно таким образом, ссылки на мировоззрение В. И. Вернадского декларативны.

Эта позиция и определяет предлагаемый взгляд на экосистему Белого моря. Значимые для такого подхода факты рассеяны в огромном числе публикаций и рукописей. Только сведения об исследованиях, проводившихся до 1983 г., собраны в библиографических сборниках "Биология Белого моря" (1976, 1983 гг.). Дальнейшие исследования отражены в двухтомнике "Белое море" (1995 г.); в трудах БС МГУ 1983-1990; материалах научных конференций БС МГУ 1996-2000 гг.; в трудах ЗИН 1984-1995 гг.; в публикациях Кандалакшского заповедника после 1983 г.; трудах и тезисах региональных конференций по проекту "Белое море" и научных результатах выполнения этого проекта 1982-1997 гг.; в рукописях ЛЭМБ ДТЮ (1965-2000 гг.), монографиях, диссертационных работах, популярных изданиях и многих других источниках. В тексте мы вынужденно ограничиваемся минимальным количеством ссылок и приносим извинения авторам, чьи данные упоминаются анонимно.

История современной экосистемы Белого моря открывается таянием ледника, начавшимся от 15 до 12 тысячелетий тому назад. Результатом оледенения стал своеобразный анабиоз участка биосферы. Механизм, поддерживавший биогенный ток атомов - совокупность живых организмов, живое вещество, был разрушен. Прервалась циркуляция сложных органических соединений по трофическим сетям; химическая среда, сведенная к преимущественно элементарным соединениям, оказалась резко обедненной.

Регенерация живого покрова начиналась с освобождающейся от ледника периферии. Первыми организмами, отмеченными палеонтологической летописью, оказались пресноводные диатомовые. Они маркируют собой и первый из прорвавшихся в котловину массопотоков - сток с суши. Споры наземных растений, сохранившихся в осадке, характеризуют водосборный бассейн как заболоченную тундру. Это означает, что в растворе и взвеси должны были преобладать вещества гуминовой природы (что характерно и для современного речного стока) - слабогидролизующиеся органические молекулы. Работать с ними могли только микроорганизмы. Второй массопоток,

маркированный сохранившимися в осадке фораминиферами, проник из океана через Баренцево море. Ископаемая солоноватоводная микрофлора и микрофауна отмечает зоны смешения этих массопотоков. Флора представлена диатомеями - водорослями, равно способными и к автотрофному, и гетеротрофному питанию. Даже если обогащение минеральными солями талой воды уже позволяло перейти к фотосинтезу, вероятнее, что в условиях все еще низкой температуры преобладал второй способ питания, к стати, преобладающий и при более высокой температуре настоящего времени (Ильяш, 1998). Характер и объем осадка, низкая температура и мелководность, вероятнее всего, не способствовали и повсеместному возникновению анаэробных условий, т. е. хемосинтеза.

Без автотрофов сложившаяся к этому времени совокупность живых организмов - микробное сообщество - лишено основных признаков экосистемы: в нем нет рециклинга биогенов, нет трофических уровней. Оно работает на физических потоках, которые и приносят субстрат для жизнедеятельности. Такое сообщество правильнее назвать консорцией (биогеохимический синоним - "неполноценная система"), несколько расширив общепринятое определение, поскольку организующим, обеспечивающим специфическую биогеохимическую обстановку элементом в этом случае является не вид-эдификатор, а эдифицирующий фактор - массопоток.

Пока водоем еще не глубок, а воды обоих потоков не особенно различаются по температуре, возникающее море представляет собой нестратифицированный эстуарий. В начале голоцена его донные осадки - тонкие, преимущественно терригенные отложения; их накопление создает условия для вовлечения в консорцию двустворки *Portlandia aestuariorum*. Эстуарная портландия отвечает необходимым условиям. Во-первых, это солоноватоводный вид; во-вторых, это вид, находящийся в симбиотрофии с микроорганизмами, т. е. не затрудняющийся в потреблении слабогидролизующейся органики. Появление эстуарной портландии, а за нею и других двустворчатых моллюсков, таких как *Mytilus edulis* и *Portlandia arctica* - настоящий прорыв. Преобразующая осадок деятельность микроорганизмов, таким образом, консолидируется макроорганизмом. Внутри основной консорции возникают консорции следующего порядка; их эдификаторами становятся массовые виды макрофауны. Симбиотрофия с микроорганизмами - только исходное состояние новых консорции. Формируя за счет продуктов своей жизнедеятельности и некромасс химическую неоднородность среды, виды-эдификаторы создают условия для привлечения (усложнения механизма, поддерживающего биогенный ток атомов) все новых и новых жизненных форм бентоса: инфауны, онфауны, эпифауны. Возможно, что в это же время формируется и пелагическая консорция. В ней бактериопланктон, поддерживаемый жидкими метаболитами вида-эдификатора, становится пищей его же личинок. Именно разнообразные и разноуровневые консортивные взаимо-

действия продолжают оставаться главным интегрирующим фактором и внутри современной экосистемы (Гришанков, 1995). Сукцессия от микро-к симбиотрофному макросообществу направлена на тонкое расслаивание массопотока, усложнение его молекулярно-массовых характеристик. Начавшись как линейная, в наше время она продолжается как циклическая (Хайтов, 1999). Трансгрессия начала голоцена и потепление в бореальной и атлантической фазах привели к изменению гидродинамического режима: нестратифицированный эстуарий превратился в море эстуарного типа с отчетливой стратификацией вод. Дифференцировка водного объема отражает три уровня смешивания морских и пресных вод (Пантюлин, 1974, 1990). Котловину моря заполняют зимние баренцевоморские воды, которые лишь на короткое время сталкиваются с пресными водами в Воронке и Горле, а затем соскальзывают вниз, образуя глубинную водную массу (ГВМ). Следующей зимой ГВМ частично обновляется за счет новой порции воды и переходит в промежуточную водную массу (ПрВМ), основной объем которой формируется летом в результате смешения летних баренцевоморских вод со стоком крупных рек. Из ПрВМ летом же вычлняется поверхностная водная масса (ПВМ) - слой активного взаимодействия гидро-, лито- и аэросфер, опресняемый как генерализованным, так и рассеянным пресным стоком. М. П. Максимова (1991) убедительно показала, что каждая из этих главных водных масс реальна как химическое единство, т. е. представляет собой то, что В. И. Вернадский (1991) обозначал термином "естественное тело" (с. 153).

Таким образом сама эволюция геометрического пространства, в котором распределяются вносящие массопотоки, приводит к их закономерному расслаиванию. Ответом биоты является дальнейшая дифференцировка консорции и смена эдификаторов. Углубление моря и стратификация вод отторгают *Portlandia aestuariorum*: моллюск не может следовать за пелитовой фракцией осадка в глубь моря - этому препятствует соленость ГВМ. Не может он и остаться в формирующейся в это время прибрежной зоне, в сфере влияния благоприятных для него ПрВМ и ПВМ. Прибрежная гидродинамика становится все более активной; пелиты отмучиваются и уносятся вглубь, в основную котловину или котловины ковшовых губ, совокупность которых и составляет "собственно дно" формирующегося моря. В этих условиях приемниками эстуарной портуландии в поддержании биогенного тока атомов становятся два других, и поныне самых массовых, вида двустворок. На глубине преобладает функция осуществляет *Portlandia arctica*, в прибрежной зоне - *Mytilus edulis*.

Усложнение и дифференцировка основных массопотоков происходят не только непосредственно в акватории Белого моря, но и далеко за ее пределами. Если в начале голоцена пресный сток формировался на Русской равнине, то в дальнейшем водосборный бассейн охватил море по всему пери-

метру. Наземная обстановка на протяжении всего этого времени не оставалась неизменной. Перемены, происходившие с разными скоростями в глубоко различных по геоморфологии ландшафтах Балтийского шита и Русской равнины, меняли химию почв - основного поставщика минеральных и органических соединений в терригенном массопотоке. Эта эволюция шла от болотистых тундр аллереда и молодого дриаса через смешанные леса бореальной фазы до широколиственных - в атлантической. Очевидно, что и гумус, и более лабильные компоненты стока менялись от тысячелетия к тысячелетию, возможно, не только химически, но и физически: наряду с частицами пелитовой и алевроитовой размерности в сток могли вовлекаться все более крупные органические частицы и фрагменты, а также и растворенное органическое вещество (РОВ). Во всяком случае, едва ли водные вытяжки из почв пребореали могли быть насыщены органическим веществом в той же степени, как и из почв, удобренных листовым и хвойным опадом и все богатейшей почвенной фауной.

Динамические процессы во флоре и фауне акватории Белого моря, неизбежно связанные с качеством стока, должны были охватывать не столько зоогеографические комплексы, сколько консорции или их части, примером чего и является замена арктической портуландией и мидией эстуарной портуландии. Впрочем, такая расстановка приоритетов не отрицает возможного зоогеографического единства внутри отдельных экологических группировок. Меняющиеся климатическая, гидрологическая и геохимическая обстановки перигляциала влияли на становление биогеохимической функции; именно под нее и шла интродукция новых видов, а впоследствии и дифференцировка закрепившихся - популяционная изменчивость.

Нечто подобное могло происходить и со вторым вносящим массопотоком - из океана. Последледниковое восстановление экосистем краевых морей также меняло его химический состав. Биокосная субстанция - вода, вбирающая в себя составляющие биохимических процессов, не могла не измениться на протяжении тысячелетий. Не будучи специалистами-планктонологами, мы не можем судить, как формировалась и дифференцировалась пелагическая часть первоначальной консорции. К настоящему времени наибольшее сродство к океанической ("бывшей океанической") воде обнаруживают крупные копеподы, такие как *Calanus glacialis* и *Metridia longa*. Для них ГВМ, по-видимому, является резервуаром, откуда при благоприятных условиях они выходят и куда при неблагоприятных возвращаются. Все остальное население пелагиали работает преимущественно в ПрВМ; часть его летом так и остается в этой водной массе, возможно, двигаясь за ее охлажденным ядром вниз, другая концентрируется в ПВМ.

Особенности распределения и поведения пелагических организмов, так трудно поддающиеся интерпретациям и классификациям, на наш взгляд, следуют квазипостоянству смешивающихся массопотоков. Объем пресного стока очевидным образом зависит от уровня годовых осадков - в первую

очередь, снега; объем морского (бывшего океанического) менее явно - от океанической обстановки действия "конвейерной ленты течений" в океане, далекой периферией которого является Белое море. В свою очередь, и то и другое зависит от планетарных процессов - климатических флуктуации.

Положение границ между водными массами и других фронтальных областей, связанных с взаимодействием вод разной плотности, никогда не бывает стационарным; оно всегда динамично. Некоторые сравнительно стенобионтные виды, и в первую очередь океанические копеподы, в черед поколений выработали сложный механизм миграций, который откликается на пространственно-временные характеристики водных масс. Другие массовые виды преимущественно эврибионтный обладают высокой степенью популяционной дифференцировки. Благодаря этому границы видовых комплексов крайне размыты. Однако виды, отмеченные вблизи ядер водных масс, принадлежат именно их специфической консорции, и это также свидетельствует в пользу выделения каждой водной массы как "естественных тел".

Реконструировать эволюцию собственно атмосферного массопотока не представляется возможным: биохимические процессы на граничных поверхностях (поверхностная пленка воды, интерстициаль и т. п.) тесно переплетаются с физико-химическими; подобные реконструкции требуют глубоких специальных знаний. Эолов же разнос для целей данного изложения можно совместить с терригенным, отметив только, что именно аэрогенным путем в море поступает все более значимый объем поллютантов.

Как физические характеристики современного моря (его глубина, конфигурация прибрежной зоны и островов, стратификация воды, система фронтальных зон и т. п.) преемственны по отношению к более монотонным условиям послеледникового водоёма, так современная сложно разветвленная система массопотоков преемственна по отношению к тем основным, которые возникли сразу по отступлению ледника. При рассмотрении ее нынешнего состояния уместна аналогия с кровеносной системой, где основные массопотоки - наиболее крупные артерии. Разветвление массопотоков, первоначально обусловленное физическими характеристиками моря, постепенно "биологизируется" - переходит в своего рода систему капилляров - более или менее емких видовых каналов, через которые прокачивается вещество. Иные из них сгущаются вокруг вида-эдификатора, иные работают независимо. В массе, таким образом, поддерживаются детритные круговороты: захват вещества из потока, преобразование его и возвращение в поток, как это было и в древности. О видах, работающих по этому принципу, можно говорить, как о средообразователях в широком смысле этого слова - ими поддерживается качество и специфика среды. Некоторые из детритных круговоротов стремятся к замыканию: поддерживающие их консорции как бы "вызревают", приобретают собственных автотрофов и консументов уже не одного, а нескольких порядков.

Эта эволюция ведет к образованию экосистем (биогеохимической синоним - "полночленная система"), однако к какому моменту следует отнести качественный скачок, что считать переходом от детритного круговорота и работающей с ним консорции к рециклингу биогенов и трофической пирамиде, сказать трудно. С большей или меньшей уверенностью можно говорить о наличии в Белом море одной или двух крупных экосистем: пелагической и прибрежной. И в той и другой роль автотрофов еще не исключительна, рециклинг не завершен и совершается через органические формы биогенов. И та и другая поддерживают консументов с более высоких, по отношению к ним уровней: общеморского, системы суша-море, биосферного (рыбы, морской зверь, птицы). Избыточная, не уходящая вверх по пищевым цепям органика, по-видимому, частично редуцируется специализированными ферментативными системами, интегрированными, в первую очередь, желетельми. Есть сведения о ферментативной активности других организмов, их внешних метаболитов и даже "свободноживущих" ферментах, работающих с РОВ.

По отношению к Арктическому бассейну вся эта система являет собой своего рода биофильтр, работающий со стоком практически со всего европейского Севера России. Выносящие массопотоки (продолжая аналогию с кровеносной системой) - вены, на наш взгляд, более сложны и многообразны, нежели вносящие.

Первый, и наиболее хорошо изученный из них - это сток в океан через Баренцево море, обеспечивающий рекордно быстрый водообмен (двухгодичный цикл). Его характеристики неоднократно просчитывались; отмечено, что в нем нарастает антропогенная компонента (Максимова, 1991). Второй выносящий массопоток - седиментация, механическая и биогенная. Осаждающееся вещество после целого ряда последовательных преобразований уходит в геологический круговорот. Биогенный ток атомов, энергичный вблизи движущего механизма - пелагической и прибрежной экосистем, удаляясь от него, постепенно замедляется. Явное действие биологического механизма еще сказывается на деятельности придонного сообщества, извлекающего доступное ему вещество для возвращения в актуальные потоки. Дальнейшие процессы являются отдаленными последствиями этого действия; в первую очередь, это относится к образованию биогенных минералов.

По-видимому, сопоставимым с двумя хорошо известными является и третий выносящий массопоток - осадок, собираемый наступающими берегами. Значительная часть осадка - исходно терригенный материал - взвесь и РОВ, сносимые в море весенними паводками и иным рассеянным стоком. Он преобразуется прибрежным сообществом: особенно энергично микроорганизмами, в частности, диатомовыми; желетельми, в частности, гидромедузами; мидиями. Переотложение его прибрежными циркуляциями воды приводит к отделению от моря береговых вогнутостей - фестонов и губ с дальнейшим преобразованием в прибрежные озера и болота или приращению

собственно суши. В последнем случае происходит образование вначале ювенильных, а затем и полноценных почв. Центрами преобразования осадка в почву становятся дерновины солеросов. Таким образом, функция поддержания "биогеогенного тока атомов", не прерываясь и на минуту, переходит к принципиально иным сообществам - пресноводным, почвенным и т. д. Именно так, неполночленными комплексами или консорциями, вместе со своей молекулярной средой, по-видимому, и происходил когда-то выход первичноводных организмов из моря.

Если распространение и характер ветвления вносящих массопотоков, в первую очередь, отвечают физическим законам, а затем уже подпадают под законы биологические, то по отношению к выносящим потокам эта закономерность не соблюдается. Так, только сток в Баренцево море осуществляется исключительно по законам гидродинамики и не зависит от деятельности живого вещества. Но уже при седиментации работа биологического механизма очевидна: при выносе, как из пелагической, так и прибрежной экосистем именно живое вещество в значительной мере определяет физическую и химическую форму осадка, скорость его накопления и диагенеза. Не меньшую роль биота, живое вещество, как это уже было упомянуто выше, играет и на границе суша-море, при переходе от морских обстановок к пресноводным и наземным.

Наконец, последний из крупных выносящих массопотоков подчиняется физическим законам только весьма опосредованно: он целиком состоит из живого вещества и его дериватов. Речь идет о высших консументах, чья деятельность охватывает консорции и экосистемы разных планов и порядков. Таковы проходные и полупроходные рыбы, морской зверь и в наибольшей степени - птицы. Речь идет не только и не столько о процессах питания-дефекации, при которых часть вещества может быть вынесена на сушу (острова, берега) или в пресные водотоки, она может и вернуться со стоком. В гораздо большей степени вынос осуществляется самими организмами в процессе их миграций за пределы водоема. Так, известно, что беломорская экосистема поддерживает около 100 тыс. пар гнездящихся птиц и миллионы транзитных. Последнее заселение водоема птицами происходило с трех сторон: севера, юга и юго-запада, этими же путями идут современные миграции, в этих направлениях и ветвится выносной массопоток, возможно, сопоставимый с тремя рассмотренными ранее.

Экосистема Белого моря, таким образом, поддерживается очень сложной развязкой массопотоков, перекрывающих значительную часть Европы. Ее динамическое равновесие находится в зависимости от их сбалансированности и сопряженности, которые определяются глобальными климатическими механизмами. Она является нелинейной системой в поле климатических изменений. Теория поведения таких систем существует, но их эмпирическое состояние пока недостижимо для количественных методов исследования.

Традиционно принятые биологами количественные единицы (численность, биомасса, продукция) в этом случае могут использоваться лишь как косвенные показатели - для построения виртуальных моделей и экспертных оценок. В реальности все структурные единицы биоты должны характеризоваться площадями обменных поверхностей и скоростями тока атомов через них. Можно сказать, что экология как часть биологии (дарвиновская парадигма) почти безоружена и обречена на статус описательной науки. Гораздо перспективнее ситуация биологии как части экологии, что вытекает из всей мировоззренческой системы В. И. Вернадского, но такой оверкиль биологии еще должны психологически пережить.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 98-04-49-982).

Л и т е р а т у р а

- Вернадский В. И.* Очерки геохимии. М: Наука, 1983. 422 с.
- Вернадский В. И.* Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 270 с.
- Вернадский В. И.* Живое вещество и биосфера. М.: Наука, 1994. 670 с.
- Гришанков А. В.* Фауна и некоторые особенности структуры бентосных сообществ Соловецкого залива (Онежский залив Белого моря): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1995. 16 с.
- Грязное Б. С.* О взаимоотношении проблем и теорий // Природа. 1977. № 4. С.60-64.
- Ильин Л. В.* Жизненные стратегии у морских планктонных микроводорослей: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1998. 48 с.
- Максимова М. П.* Гидрохимия Белого моря // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Белое море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биопродуктивности. Л: Гидрометеоздат, 1991. С.8-112.
- Пантюлин А. Н.* Некоторые особенности структуры вод Белого моря // Биология Белого моря / Тр. Беломор. биол. ст. 1974. Т.4. С.7-13.
- Пантюлин А. Н.* О формировании и изменчивости структуры вод Белого моря // Биологические ресурсы Белого моря / Тр. Беломор. биол. ст. МГУ. 1990. Вып.7. С.6-9.
- Хайтов В. М.* Сообщества донных беспозвоночных, связанные с естественными плотными поселениями мидий на мелководьях Белого моря (структура, динамика, биотические взаимоотношения): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1999. 23 с.