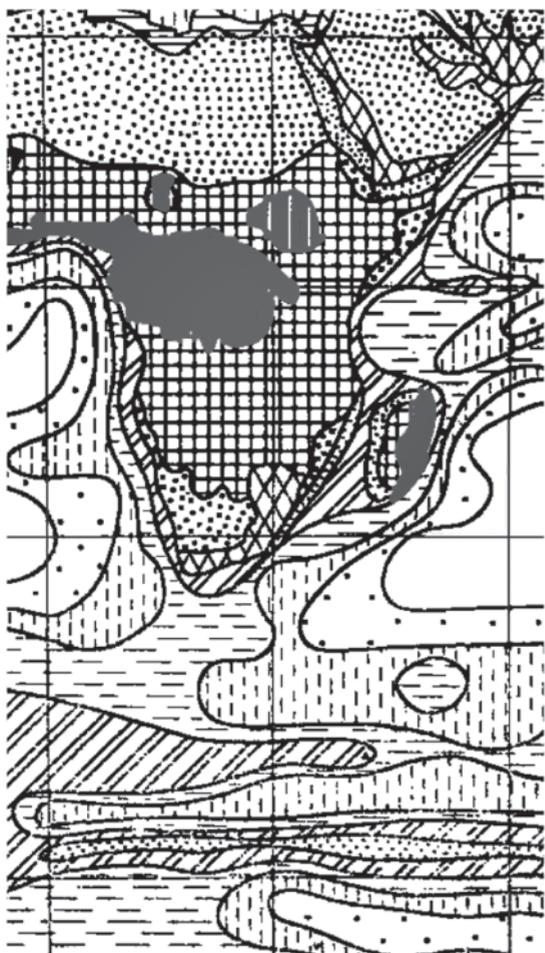


Часть

1



Гидробиология  
и связь её  
с другими  
научными  
дисциплинами



*Изучение всего комплекса проблем,  
который возникает в гидробиологии,  
...не может быть произведено изолированно,  
вне связи с теми путями, по которым  
вообще работает биология.*

*Зернов, 1949, с. 9*

**Н**азвание науки, слово «гидробиология» образовано тремя греческими корнями: гидор (гр. — ύδωρ) — вода, биос (гр. — βίος) — жизнь и логос (гр. — λόγος) — наука, слово, т.е. наука о жизни в воде. Гидробиология тесно связана с другими науками, изучающими как водную среду обитания, так и организмы водных биотических сообществ и экосистем.

## ГИДРОБИОЛОГИЯ КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ НАУКА

Гидробиология — наука биологическая, изучающая одно из проявлений жизни на Земле — жизни в гидросфере. Можно дать характеристику основным свойствам живых организмов с разных позиций. Живые организмы имеют высокоупорядоченную структуру, для поддержания которой получают энергию из окружающей среды. Они развиваются и размножаются. Информация, необходимая для жизнедеятельности, расщепляется и передается потомкам. Живые организмы способны адаптироваться к среде (Кемп, Армс, 1988).

Одним из важнейших свойств живого является его *дискретность*. Мы пользуемся обобщенным термином «организм». Он является минимальной дискретной единицей живого и жизнь, следовательно, можно определить как «способ существования организмов» (Заварзин, 1999), но при обособлении организма могут возникнуть определенные сложности.

---

*«Наиболее просто было бы отождествить организм с неделимым, индивидуумом, как это часто и делают. Но при таком отождествлении, достаточном для одного ряда случаев, для многих организмов мы встречаемся с огромными непреодолимыми затруднениями»* (Вернадский, 1978, с. 180).

---

Примером тому могут служить колониальные организмы, где дифференциация индивидов затруднена, а иногда просто невозможна. Также сложно установить границы организма у вегетативно размножающихся растений и животных. Решение проблемы может находиться в динамическом, историческом подходе. В индивидуальной или филогенетической истории даже самых сложных «наиндивидуальных» форм всегда есть хотя бы одна стадия развития, вполне обособленная морфологически и функционально, дискретная.

---

*«Жизнь дискретна. Природа ее дискретности двойственна. С одной стороны, все живое на нашей планете представлено отдельными особями, индивидами, с другой — все они группируются в виды, в пределах которых осуществляется свободное скрещивание. Дискретность жизни — один из наиболее фундаментальных законов природы»* (Шварц, 1974, с. 34).

---

Только на дискретной, индивидуальной основе может происходить воспроизведение себе подобных. Однако такое подобие не абсолютно, и это определяет необходимое *разнообразие* в поколениях потомков и в ассоциациях орга-

**...пытаясь различить в материальном субстрате живое от мертвого, можно поставить вопрос... как и чем отличается живой организм от мертвого выделения земной коры?**

*Вернадский, 1978, с. 178*

низмов. На этом разнообразии основывается способность к изменению, адаптациям к различным условиям среды, взаимодействию с ней и другими организмами иначе, нежели это было у предковых форм.

Со свойством дискретности диалектически противоречно связано другое важнейшее свойство живого — *ассоцированность* организмов. Обладая всеми признаками живого, организмы не существуют обособлено, они не могут в полной мере реализоваться вне надорганизменных ассоциаций, обладающих важным системным свойством *эмерджентности*. Это означает, что система обладает новыми, собственными свойствами, не равными простой сумме свойств ее элементов. Следовательно, ассоциации организмов представляют собой новую форму существования живого, а ассоциации ассоциаций — систему более высокого ранга с характерными для нее собственными свойствами. Таким образом, можно выделить еще один значимый принцип существования живого — принцип *иерархичности*, т.е. существования соподчиненных уровней организации живого.

Гидробиологию следует рассматривать как биологическую науку об *организмах*, обитающих в водной среде, и их *ассоциациях* различного уровня.

## ГИДРОБИОЛОГИЯ И АТМОБИОЛОГИЯ

Все живые организмы обитают в определенной среде, активно взаимодействуя с ней. Внешняя среда для организма — это, прежде всего, некоторое, окружающее его физическое пространство, другие организмы, а также источник энергии. Кроме того, это место, куда могут удаляться отходы жизнедеятельности. Основная масса живых организмов активно взаимодействует со средой и лишь некоторые из них или отдельные онтогенетические стадии в определенных условиях переходят к криптическому, (гр. *κρυπτός* — скрытый) существованию, практически полностью прекращая вещественно-энергетический обмен.

Понятие среды обитания не может рассматриваться отдельно от живых организмов. Одни и те же физические или химические характеристики тех или иных участков земной поверхности, акваторий, явления или процессы воспринимаются различными организмами по-разному.

Самой крупной единицей классификации среды является *арена жизни* — все физическое пространство на нашей планете, где условия среды не противодействуют существованию живых организмов. В.И. Вернадский (1978) не случайно говорит о «всюдности» жизни, и если «всюдность» в космическом масштабе пока не подтверждена фактически,

Ангитезой гидробиологии является, вернее должна еще явиться аэробнология, наука, трактующая жизнь организмов, окруженных воздухом, обычно называемых наземными в разрезе их взаимоотношений с окружающей средой.  
Зернов, 1949, с. 7

то действительно планетарные масштабы жизни на Земле очевидны. «Всюдность» жизни есть показатель в целом благоприятных условий для существования живых организмов на Земле, свидетельство колоссальных адаптивных возможностей организмов, а также их огромной средообразующей роли. Арена жизни должна иметь именно планетарный или почти планетарный масштаб. Жизнь могла зародиться и развиваться именно в Мировом Океане — едином биотопе планетарного масштаба. Различают две основные среды обитания организмов — водную и воздушную, населенную атмо- и гидробионтами<sup>1</sup>.

---

*«Все живое население земного шара состоит из двух основных жизненных форм бионтов (живых организмов): из аэробиионтов и гидробионтов. Тело первых окружено воздухом; в своей совокупности они образуют население воздуха, — аэробииос, все то, что обычно называют населением суши, наземными организмами; тело гидробионтов, напротив, окружено водой, а не воздухом, и в общей совокупности эти водные организмы образуют гидробиос, водное население земного шара»* (Зернов, 1949, с.33).

---

Провести четкие границы между атмо- и гидробионтами достаточно сложно, прежде всего из-за масштабных характеристик в системе организм—среда. К гидробионтам или атмобиионтам довольно просто отнести организмы, собственный объем которых существенно меньше объема воды или воздуха, который их окружает, основной среды, в котором он обитает (рыба в озере, инфузория в капле, дерево на суше). Однако мелкие почвенные организмы (простейшие, нематоды, тихоходки и др.) также окружены водой, интерстициальной пленочной водой, но её объем, относительная толщина слоя невелики и сопоставимы с размерами организмов. Рядом с этими «водными бассейнами» находятся воздушные полости между частицами почвы. Таким образом, приведенное выше определение можно уточнить: тело гидробионтов окружено водой, объем которой существенно больше их самих.

Следует учитывать и время пребывания организмов в той или иной среде. Кроме истинных гидробионтов, постоянно обитающих в водной среде, существуют временные, которые используют водную среду для добывания пищи, размножения или как убежище.

Для гидробионтов характерна тесная связь со средой обитания, гораздо более тесная, нежели у атмобиионтов. В окружающей воде организм находит растворенную и оформленную пищу, элементы минерального питания, кислород, био-

---

<sup>1</sup> Ю.Г. Алеев (1986) выделяет также третью, внутреннюю среду организмов, область обитания комменсалов и паразитов. Эта среда некоторым образом вторична, поскольку сами хозяева относятся либо к атмо-, либо к гидробионтам.

логически активные вещества, медиаторные метаболиты. Благодаря высокой теплоемкости, вода обеспечивает термостабильность, большая часть гидросферы высокоустойчива по химическому составу. Адаптации гидробионтов, в противоположность атмобионтам, направлены не на изоляцию от воздействий среды, а скорее на достаточно тесный контакт с ней.

Таким образом, гидробиологию можно определить и как науку обо всех проявлениях жизни в обитаемой части гидросферы, о жизни гидробионтов (в возможном их сопоставлении и сравнении с атмобионтами). В этом аспекте гидробиология может рассматриваться как научная дисциплина очень высокого уровня — следующего за биологией. В геобиологии, науке о самых общих закономерностях жизни на планете Земля, следовательно, с учетом различий арены жизни можно выделить, две научные дисциплины — гидробиологию и атмобиологию.

**Биосфера — это область планеты, наиболее богатая, вероятно, максимальной действенной энергией, резко различного характера. В ней господствуют проявления живого вещества и космических сил.**  
*Вернадский, 1987, с. 29*

## ГИДРОБИОЛОГИЯ И БИОСФЕРОЛОГИЯ

Если бы наша планета была устроена по схеме, принятой в давние времена: плоский гигантский «блин» суши со скоплениями воды в углублениях, более или менее покрытый растительностью с обитающими животными и человеком и воздушной средой над ними, то, в силу закона всемирного тяготения, вся система должна была бы иметь слоистое строение. Более тяжелые составляющие должны были бы находиться внизу, глубже, а легкие, например воздух — вверх.

Со времен Магеллана и началом кругосветных путешествий вышеописанная гипотеза о «плоском» строении Земли была отвергнута, а вследствие того, что силы тяготения направлены к центру шарообразной (условно) планеты, «слоёный пирог» превратился в систему сфер. Подобные представления о строении Земли были приняты уже в начале XIX века. Однако в 1875 г. австрийский геолог Эдвард Зюсс сделал замечание, которое тогда не привлекло широкого внимания ученых: «Одно кажется чужеродным на этом большом, состоящем из сфер небесном теле, а именно — органическая жизнь... На поверхности материков можно выделить самостоятельную биосферу» (цит. по Лапо, 1987, с. 13). Зюсс почему-то не принял во внимание жизнь в гидросфере и, строго говоря, предложил только сам термин «биосфера», истоки же идеи можно найти еще у Ж.Б. Ламарка. В 1920-е годы В.И. Вернадский не только вновь ввел термин «биосфера», но и развил понятие о биосфере как одной из важнейших сфер Земли. Биосфера рассматривается как взаимосвязанная и взаимодействующая совокупность живого и области

его существования со всеми следами жизнедеятельности организмов современной и прошлых эпох.

Все геосферы (литосфера, атмосфера, гидросфера) и биосфера находятся в теснейшем взаимодействии, представляют собой элементы единой планетарной системы. При этом биосфера является самой активной земной оболочкой с геохимической точки зрения. Эта система может рассматриваться как: 1) открытая система; 2) автономная и саморегулирующаяся; 3) развивающаяся в пространстве и времени; 4) активно трансформирующая вещественные и энергетические свойства литосферы, гидросферы и атмосферы в период всей истории существования живых организмов на Земле; 5) аккумулирующая и трансформирующая огромные ресурсы энергии, вещества и информации (Мороз, 1996). К этому можно добавить присутствие жидкой воды (обводненность) и широкое распространение низкотемпературных химических реакций, связанных с функционированием биокатализаторов — ферментов (Лапо, 1987).

В силу своей активности биосфера «захватывает» некоторые области других геосфер, и это несколько усложняет определение ее границ. В самом широком понимании биосфера охватывает всю планету с протяженностью по вертикали порядка десятков км над уровнем моря и более 10 км ниже уровня моря.

В состав биосферы входят элементы, важные в геохимическом плане, но мало связанные с современной жизнью. Например, известняковые породы, спонгиллиты, другие, являющиеся трансформированными ископаемыми остатками гидробионтов, в настоящее время могут быть сильно удалены от зон активной жизни в воде. Здесь тесно переплетаются пространственно-временные аспекты жизни биосферы. Процессы, рассматриваемые в геологическом времени, затрагивают весь объем биосферы, но рассмотрение процессов в экологическом, сопоставимом с основными биологическими циклами, времени неизбежно сужает пространственные границы биосферы.

Биосфера — не только самая активная, но и самая молодая из геосфер. Условия для возникновения и развития биосферы создавали другие геосферы. В геологическом времени существует разделение на «следы былых биосфер» и «живую современную биосферу». Не забывая об единстве биосферы, отметим, что для экологии важна именно последняя, поэтому в разное время предпринималось немало попыток уточнения терминологии (Беклемишев, 1964; Тюрюканов, Александрова, 1969; Федоров, Гильманов, 1980). Для обозначения именно активной, современной части биосферы, предлагались термины «биогеосфера», «витасфера», «фитосфера», «геомерида», «экзосфера» и другие.

Терминологически и концептуально следует выделить несколько основных категорий, связанных с понятием биосферы: а) область Земли, в своей истории так или иначе связанную с жизнью как планетарным явлением; б) область современной жизни как совокупность ресурсов для биологических процессов; в) совокупность всех организмов, использующих эти ресурсы и оказывающих воздействие на область своего существования; г) глобальную систему взаимодействия живого и косного вещества.

Пожалуй, одного термина «биосфера» уже недостаточно для общепланетарного взгляда на область существования жизни и на совокупность живых организмов в современном и историческом аспектах.

В составе биосферы как области жизни В.И. Вернадский различал четыре сферы: тропосферу (газообразную оболочку), поверхностную часть суши, область подземной жизни и гидросферу, отмечая, что «понятие гидросферы введено Э. Зюссом одновременно с его термином биосфера».

---

*«Гидросфера. Чрезвычайно характерно, что она вся насквозь проникнута живым веществом, которое прямо или косвенно целиком определяет все химические свойства океана. В структуре планеты это самое мощное проявление живого вещества» (Вернадский, 1987, с. 295).*

---

Совершенно очевидно, что сюда следует включить и континентальные воды. Физически гидросфера едина, вода находится в ней во всех трех состояниях и следует подчеркнуть, что именно благодаря такому единству гидросфера в течение миллиардов лет была и есть одной из важнейших областей жизни на планете. Совершенно справедливо воду называют «кровью биосферы» (Плотников, 1985).

Обсуждая связь гидробиологии с учением о биосфере, нельзя пройти мимо высказывания Н.Ф. Реймерса: «Гидробиология — очень развитая наука. Но с точки зрения учения о биосфере ее ахиллесова пята — расчленение на почти не смыкающиеся друг с другом разделы, изучающие планктон и бентос, другие подразделения водного биоса, порой еще более дробные... Общее представление о жизни вод не создает даже общая гидробиология» (1992, с. 29).

В этом критическом высказывании заложены два важных конструктивных момента: во-первых, гидробиология потому и развитая наука, что достаточно много внимания уделила изучению частных случаев. Во-вторых, решение задач на биосферном уровне требует не только широких обобщений, но и исследования систем биосферного масштаба.

Из сказанного выше следует, что предметом исследований гидробиологической науки являются как особенности проявления жизни в биогидросфере — области существования современных организмов и организмов былых эпох,

так и биосферные, планетарного масштаба, процессы взаимодействия живых и косных систем.

## ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО В ГИДРОСФЕРЕ

Одним из показателей разнообразия структуры биосферы является неоднородность (по происхождению, функции, роли) её вещества. По В.И. Вернадскому (1987), вещество биосферы состоит из нескольких разнородных частей и в первую очередь из совокупности живых организмов, живого вещества, а также косного, биокосного, биогенного, вещества космического происхождения. Рассматривая биосферу как систему, следует учитывать, что каждый из типов вещества выполняет свою функцию.

Косное вещество (земного происхождения) образуется как в пределах биосферы, так и вне её, например в процессе вулканической деятельности. Понятно, что косное вещество образовывалось и трансформировалось и в добиосферный период истории Земли. Косное абиогенное вещество в биосферных процессах обладает определенной инертностью и более устойчиво к воздействию живых организмов, чем биогенное. Можно сказать, что оно образует структурно-функциональный каркас биосферы.

Биогенное вещество своим происхождением обязано живым организмам. Его целесообразно разделить на палеобиогенное и необиогенное вещество. К первой группе следует отнести ископаемые вещества биологического происхождения — каменный уголь, известняки, нефть и т.п. Относительная неизменность этих веществ в течение миллионов лет свидетельствует об их слабой связи с биогеохимическими процессами и в этом они сходны с косным веществом. Необиогенное вещество в гидросфере — это огромное количество прижизненных выделений, фекалий, трупов организмов, детрита, которые постоянно образуются в гидросфере и здесь же находят своих потребителей.

Биокосное вещество создается одновременно живыми организмами и процессами абиотического характера. Наиболее существенное место в биосфере занимают такие биокосные системы как почва и обитаемая жидкая часть гидросферы, океаническая и почти вся другая обитаемая вода биосферы: «...анализы морской воды не дают нам ни состава косной, мертвой части морской воды, ни состава реально существующей в природе морской воды, всегда пронизанной жизнью» (Вернадский, 1923, с. 7).

Рассматривая характеристики живого вещества, В.И. Вернадский предлагает аналогию живого вещества с газом. Мы достаточно точно знаем физические законы интегральной со-

**С химической точки зрения биосфера состоит из вещества резко различного. С одной стороны в нее входят живые организмы — живое вещество; с другой — косная, лишенная жизни, мертвая материя.**

*Вернадский, 1923, с. 5*

вокупности газовых частиц, при этом поведение каждой отдельной частицы несущественно, «работают» обобщения статистического характера. С точки зрения логики это действительно справедливо, однако нельзя не признать, что если газовая масса существует реально, то живое вещество существует в природе только в виде его частиц — организмов. Это необходимо подчеркнуть, поскольку существует критика взглядов В.И. Вернадского, связанная именно якобы с его представлениями о существовании «живого вещества» как некоей самостоятельной субстанции (Беклемишев, 1964, Гиляров, 1994).

---

*«...я буду...называть живым веществом совокупность организмов, сведенных к их весу, к их химическому составу и к их энергии. Понимаемое таким образом живое вещество совершенно сравнимо с другими телами, имеющими значение в химии земной коры — с минералами, горными породами, газами и жидкостями» (Вернадский, 1923, с. 15).*

---

Имея дело с организмом, мы имеем дело с существом, индивидуальность и целостность которого сохраняется функционированием и взаимосвязью более низких уровней организации, усложняющиеся ассоциации организмов все более приобретают своеобразные свойства и функции живого вещества. Также как сумма клеток не представляет собой организма, также и сумма организмов не представляет собой геомериды, живого покрова Земли. Это система иерархически взаимосвязанных организмов.

Живое вещество представляет собой далеко не прямой аналог газового скопления, оно определенным образом структурировано, является системой специфических связей между его элементами. В этой системности — основа существования живого вещества. Необходимо обратить внимание на слова В.И. Вернадского (1987, с. 219): «...я буду называть живым веществом совокупность организмов, участвующих в геохимических процессах. Организмы, составляющие совокупность, будут являться *элементами живого вещества*» (курсив наш: А.П.). Эта фраза подтверждает то, что В.И. Вернадский вполне принимал, что живое вещество не является простой суммой или «смесью» живых организмов, а системой их со своей структурой и организацией.

Идея взаимного влияния, взаимодействия живых организмов и среды, живого и косного вещества основана не только на многочисленных эмпирических данных, она вытекает из системного взгляда на организацию биосферы. Никакая система не может существовать без сложных прямых и обратных постоянных связей между ее элементами. Можно предположить, что в устойчивых, длительно функционирующих системах, суммы прямых и обратных связей должны уравниваться. Идея разномасштабных взаимосвязей в биосфере широко распространена среди исследователей, однако следует выделить работы В.Г. Горшкова и

его школы (Горшков и др. 1999; Gorshkov et al., 2004), в которых обоснована концепция всеобщей биотической регуляции окружающей среды. В качестве механизмов такой регуляции указаны глобальная регуляция биотой потоков углерода, соотношение в среде биогенных элементов (С/Ν/Р/О), важных элементов круговорота воды, парниковых газов, в первую очередь  $\text{CO}_2$ . По оценке В.В. Горшкова с соавторами (1999), общее количество организмов биосферы исчисляется в  $10^{28}$  и это преимущественно микроскопические организмы. Говоря об объеме, в котором обитает некий усредненный организм, можно провести следующий расчет. Объем мирового океана составляет  $1,37 \cdot 10^{27}$  мм<sup>3</sup>. Обитаемый объем донных местообитаний составит  $1,08 \cdot 10^{23}$  мм<sup>3</sup> (если принять глубину обитаемого слоя донных отложений 300 мм при площади дна Мирового океана  $3,61 \cdot 10^{20}$  мм<sup>2</sup>). Весь обитаемый объем на планете или объем экосферы практически равен объему океана, поскольку объемы придонной области и суши добавляют очень мало, не изменяя порядка величин. Обитаемый объем океанической толщи воды а 10 000 раз больше донных биотопов и в 1000 раз больше обитаемого объема суши. Объемом континентальных вод в данном расчете можно пренебречь, однако локально такие крупные водоемы как Каспийское море, Байкал, Великие озера и др. вносят существенный вклад в формирование условий в биосфере именно за счет организмов гидросферы. Если принять приведенную выше оценку количества организмов, то средний обитаемый объем для каждого составит 0,1 мм<sup>3</sup> и это значит, что в 1 см<sup>3</sup> находится около 10000 организмов. Вполне обычны величины численности бактериопланктона — от тысяч до миллионов клеток на см<sup>3</sup>. Эти достаточно общие расчеты еще раз показывают колоссальную планетарную роль гидросферы и гидробионтов в ней.

Для живого вещества характерны следующие основные свойства:

- огромная свободная энергия;
- высокая скорость протекания химических реакций при относительно низких температурах;
- устойчивость биохимических компонентов живого вещества только в его составе;
- существование в виде отдельных организмов, принадлежащих к определенному виду, индивидов, образующих иерархические ассоциации различного масштаба;
- способность к продукции, неограниченному росту;
- способность к саморазвитию, эволюции;
- оно подчиняется принципу «Все живое — от живого».

Все организмы смертны;

- оно заполняет необходимое жизненное пространство и взаимодействует с ним.

Введение понятия живого вещества позволяет функционально, с геохимической точки зрения, сравнивать проявления жизни с другими телами, имеющими значение в биосфере. Это даёт возможность определить самые важные функции живого вещества в биосфере (табл. 1.1).

Современная биосфера действительно представляет собой сферу, т.е. охватывает всю планету, однако живое вещество распределено в ней очень неравномерно. Экосфера, по словам В.Д. Федорова и Т.Г. Гильманова (1980), представляет скорее кружевную ткань, замысловатые узоры которой отражают многообразие условий обитания живых организмов. Особенностью распространения живого вещества в гидросфере является заполненность ее (с различной концентрацией) во всех трех измерениях, от полюса до полюса Земли и от поверхности вод до самых больших глубин, с проникновением в толщи донных отложений и прилегающие слои атмосферы.

Как указывал В.И. Вернадский (1987), вещество биосферы состоит из «глубоко разнородных частей». Эта раз-

**Таблица 1.1. Основные функции живого вещества в биосфере (по Лапо, 1987, Протасов, 2005, с изменениями и дополнениями)**

Функция	Характеристика процессов
Энергетическая	Поглощение солнечной энергии и энергии химических соединений. Передача энергии по пищевым сетям, биохимическое преобразование энергии до тепловой
Продукционная и деструкционная	Биосинтез органических веществ, накопление биомассы. Механическая и биохимическая деструкция, минерализация органического вещества, вовлечение веществ в биотические круговороты
Концентрационная	Избирательное накопление в ходе жизнедеятельности определенных химических элементов и веществ. Накопление органического и неорганического вещества в специфических сгущениях
Трансформационная	Биогенная трансформация среды, биотопа, ландшафта, выделение биогенного вещества, поглощение веществ. Преобразование физико-химических параметров среды
Транспортная	Перенос вещества в пространстве во всех направлениях, в том числе против силы тяжести
Диверсификационная	Поддержание разнообразия в биосфере за счет специфических разностей живого вещества, различных способов использования ресурсов и различных жизненных циклов
Эволюционная	Эволюция, развитие биосферы как целостной системы
Информационная	Сохранение и передача генетической информации. Обработка потоков информации в процессе взаимодействия между организмами, их ассоциациями и со средой

нородность, разнообразие элементов является предпосылкой формирования иерархической структуры различных подсистем и способствует устойчивости всей системы биосферы. Живое вещество — единственный компонент биосферы, способный к развитию и увеличению разнообразия своих элементов в процессе эволюции.

Довольно ограниченное число основных функций выполняет колоссальное количество видовых и других «разностей» (термин В.И. Вернадского) живого вещества. Диверсификационная функция живого вещества является одной из важнейших, поскольку именно за счет большого разнообразия каждая из функций живого вещества проявляется индивидуально, со своими особенностями, что является одной из основ надежности всей системы биосферы.

Информационная функция живого вещества чрезвычайно сложна и еще далеко не ясна. Генетическая информация способствует сохранению относительной устойчивости существования отдельных видов. Существует гипотеза (Голубець, 1986) что функцию сохранения информации в надорганизменных системах выполняет «генопласт» — информационная совокупность генотипов и генофондов всех особей и популяций.

Живое вещество неоднородно в пространственно-временном и структурно-функциональном аспектах. Отмечая это, В.И. Вернадский ввел понятия биологических разностей и сгущений живого вещества.

## НЕОДНОРОДНОСТЬ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В ГИДРОСФЕРЕ

Разнообразие является одной из важнейших характеристик живых систем, играет ключевую роль в их функциональной устойчивости. Жизни как планетарному явлению присуще разнообразие форм. Живое вещество дисперсно и уровень этой дисперсности может быть различным. Равное по массе живое вещество может быть представлено организмами разного размера, разной массы и с разной активной поверхностью, разным соотношением массы и поверхности. Автотрофные существа суши представлены в основном макроформами (сосудистые растения), в то время как в воде — в основном высокодисперсным живым веществом (микроскопические водоросли). Суммарная биомасса первых выше, однако продукционная активность вторых не уступает наземным макрофитам. С этим же эффектом связана и дифференциация живого вещества по «силе давления жизни». В.И. Вернадский (1987) приводит расчеты заполнения живым веществом поверхности планеты, в которых показана

**...всякая однородная живая материя не будет однородна по составу своих элементов, будет представлять некоторую смесь. Вся окружающая нас живая природа — биосфера — является такой смесью...**

*Вернадский, 1978, с. 238*

на разница в скорости распространения различных организмов, от микроорганизмов до млекопитающих, в пять порядков. Метаболическая активность, скорость размножения организмов прямо связаны как с индивидуальной массой, так и соотношением поверхности и объема, дисперсностью живого вещества.

К числу биологических «разностей» (термин В.И. Вернадского) можно отнести, криптическое (скрытая жизнь) и активное состояние организма. Совершенно очевидно, что метаболически малоактивные стадии, состояния, напр., споры бацилл, обезвоженные, находящиеся в анабиозе тихоходки (*Tardigrada*) и другие организмы представляют собой совершенно иное состояние живого вещества, нежели метаболически активные организмы.

Идея разнообразия живого вещества в его геохимическом аспекте прослеживается так же, как и в биологическом. Огромное значение идей В.И. Вернадского для биологии в целом и для гидробиологии в частности состоит в том, что они открыли новый (не альтернативный, но дополнительный) путь исследования: не только прямой — от организма к совокупности всего живого биосферы, но и обратный — от планетарного (или субпланетарного — в гидросфере) подхода, т.е. от живого вещества до организма как его основного элемента.

Разнообразное по характеру и свойствам живое вещество биосферы распределено неравномерно. Такая неоднородность — еще один уровень разнообразия живого вещества — определяется как внутренними (биотическими) факторами, так и факторами внешней среды. Очевидно, что большее количество живого вещества (сгущение) обнаруживается там, где среда оказывает меньшее сопротивление давлению жизни, или же комплекс условий, ресурсов более благоприятен для развития организмов. Разрежения живого вещества отражают результат сильного давления среды, относительную скудость ресурсов. В силу различного сочетания факторов среды, концентрация биомассы живых организмов (рис. 1.1) на нашей планете очень неравномерна.

В.И. Вернадский был прав лишь отчасти, полагая, что наиболее важной характеристикой живого вещества является его масса, т.е. сгущение от разрежения отличается только по характеристике массы. В основе определения сгущения должны быть как характеристики массы, так и скорость ее возобновления, статические характеристики должны быть дополнены динамическими. Первые более очевидны: «...сгущения и разрежения в общем совпадают с рамками экологических растительных областей, хотя в сгущения и разрежения входят все организмы» (Вернадский, 1978, с. 69). Динамические характеристики менее очевидны, поэтому

картина океана без их учета, при статическим подходе, выглядит следующим образом:

---

*«В океане на первое место выступает не растительный, а животный мир. Зеленый покров суши, столь разнообразный, в значительной степени заменен тем зеленым планктоном, почти невидимым глазу, в закономерной связи с которым находятся своеобразные сгущения и разрежения, определяемые главным образом свойствами животных организмов»* (Вернадский, 1978, с. 69).

---

Здесь, по-видимому, и заложено основное различие в понятии вещества биосферы: если статические сгущения могут образовывать все виды вещества биосферы, то динамические — только живое вещество. Это связано с одним из фундаментальных его свойств — способностью к самовоспроизведению. Не только в аспекте репродукции, размножения, но и соматической продукции, процесса, происходящего постоянно и с разной интенсивностью у разных организмов.

---

*«Кажущееся сейчас совершенно очевидным представление о том, что интенсивность дыхания организмов может количественно характеризовать роль их в трансформации вещества в отдельной экосистеме и даже в целой биосфере, далеко не сразу было усвоено научным сообществом. В частности, этого не понимал В.И. Вернадский, призывавший биологов накапливать сведения об индивидуальном весе организмов, но категорически отвергнувший предложения Г.Г. Винберга собрать сведения о скорости обмена веществ (вопрос обсуждался на небольшом совещании у Вернадского в 1936 или 1937 г., и об этом специально вспоминал Г.Г. Винберг)»* (Гиляров, 2005).

---

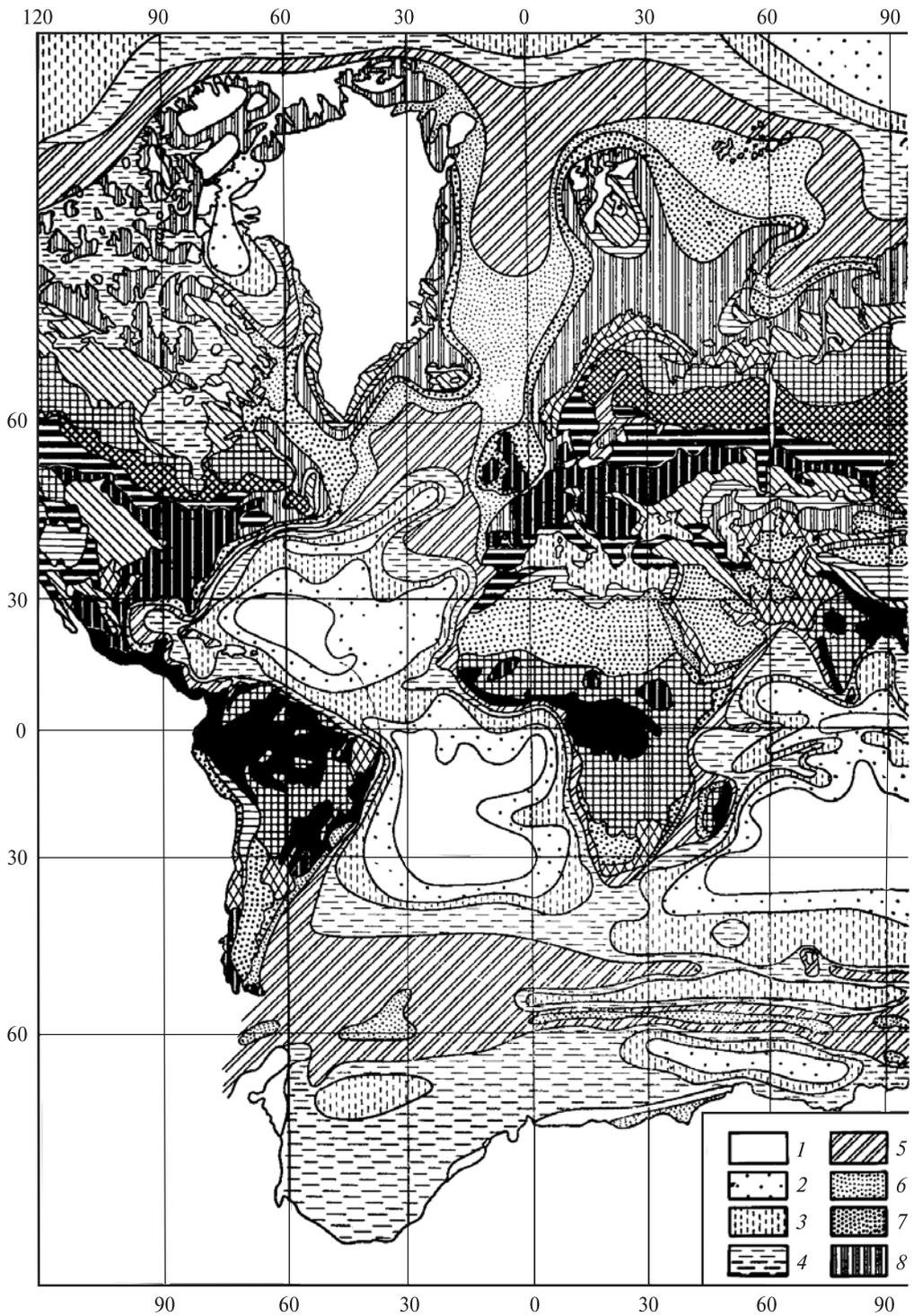
В вопросе о сгущениях и разрежениях живого вещества ключевую роль играет масштаб подходов и оценок. Вполне возможно рассматривать все живое вещество биосферы как глобальное сгущение на поверхности планеты.

---

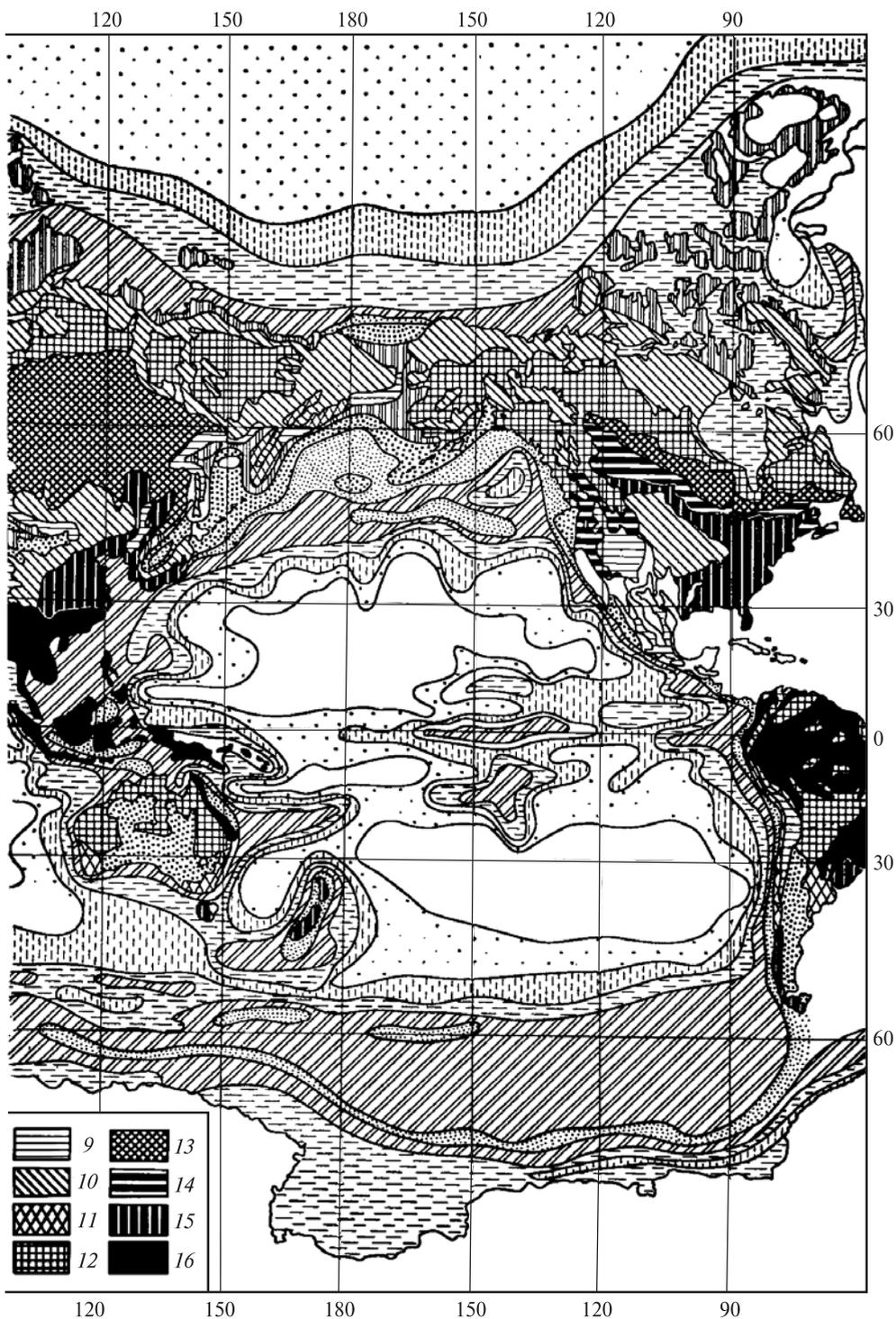
*«Биосфера представляет собой довольно узкий пограничный слой, толщина его около 40 км, или 0,5 % радиуса Земли. Причем, основная биомасса сосредоточена в самом поверхностном биологически активном слое толщиной всего около 100 м, или 0,001 % радиуса Земли. Если сравнить Землю с яблоком, то биосфера — это кожица на его поверхности (0,1 мм), а биологически активный слой [т.е., собственно зона сгущения живого вещества, А.П.] — тончайшая пленка (30 мкм), которую можно различить лишь с помощью микроскопа»* (Айзатуллин и др., 1979, с. 29).

---

В качестве пленки, правда, отмечая ее мощность в несколько сот метров, В.И. Вернадский рассматривал так называемое «планктонное сгущение», т.е. сгущение пелагических организмов в зоне фотосинтеза. Он выделил особый тип сгущений — прибрежные сгущения живого вещества, где, по словам В.И. Вернадского, интенсивность метаболизма химических элементов местами достигает наибольших известных нам размеров. Также он выделял прибрежные и саргассовые сгущения. Если в пелагических сообществах значительно преобладают одноклеточные и субмикроскопические многоклеточные организмы, то в прибрежных — многоклеточные. Он называл «все эти водяные сгущения биоценозными сгущениями» (1978, с. 70), подчеркивая их сложность и биотическую взаимосвязь всех компонентов.



**Рис. 1.1.** Распределение биомассы организмов на материках ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) и в океанах ( $\text{г}/\text{м}^2$ ). Океан: 1 — менее 0,05; 2 — 0,05—0,10; 3 — 0,10—1,00; 4 — 1,00—10,00; 5 — 10,00—50,00; 6 — 1,25 (суша); 9 — более 1000,00 (океан), 1,25—3,12 (суша). Суша: 10 — 3,12—6,25; 11 — 6,25—12,25;



По Федоров, Гильманов, 1980, с изменениями.

50,00—100,00; 7 — 100,00—500,00 (океан), менее 0,6 (суша); 8 — 500,00—1000,00 (океан), 0,6—12 — 12,25—37,50; 13 — 37,50—75,00; 14 — 75,00—100,00; 15 — 100,00—125,00; 16 — более 125,00

Одним из важнейших выводов В.И. Вернадского о сгущениях живого вещества есть вывод о том, что «их распределение на земной поверхности совершенно закономерно и количество типов их ограничено» (1978, с. 68). Говоря о типизации сгущений живого вещества, можно привести такой пример. Во времена Вернадского не было известно о глубоководных гидротермальных экосистемах рифтовых зон в океане. Они имеют сходство со сгущениями экосистем коралловых рифов, поскольку в основе трофо-энергетических взаимодействий лежит симбиотическая связь между доминирующими организмами (коралловые полипы, погонофоры, моллюски, ракообразные) и их фототрофными или хемотрофными симбионтами. Таким образом, нельзя рассматривать сгущения как некую механическую концентрацию жизни. Существование сгущений обусловлено многими процессами.

Вводя «новое» понятие сгущения живого вещества в дополнение к «старому» понятию биоценоза, В.И. Вернадский (1978), к сожалению, не проанализировал взаимосвязи этих категорий, что привело впоследствии к представлениям о двух подходах к изучению биосферы — геохимическом и биологическом. Примером такого противопоставления может служить следующее суждение: объектом исследования в биологии являются дискретные формы жизни, живые существа, а объектом биогеохимии — их интегральная форма — живое вещество и его интегральный эффект (Тюрюканов, Александрова, 1969). При правильных частных определениях само противопоставление оказывается неверным, поскольку две основные биосферные концепции — биологическая и биогеохимическая — дополняют друг друга, взаимосвязаны. Жизнь организована как на уровне организма, так и в планетарном, биосферном масштабе. Пока биолог имеет дело с живым организмом, для него нет живого вещества, но существует живое существо, а когда выстраиваются все более сложные иерархические системы организмов, вплоть до живого покрова Земли, возникает необходимость в интегральном понятии — живом веществе. В неживой природе дело обстоит совершенно иначе.

---

*«Раздробленность живой материи на мелкие части — неделимые [организмы, индивиды, А.П.] — является самой характерной ее особенностью. В этом отношении мы не имеем ничего похожего среди горных пород, с которыми при геохимическом изучении надо ее сравнивать. Благодаря однородности минерала для него нет минимального предела того его количества, которое можно брать для изучения, чтобы получить о нем правильное представление» (Вернадский, 1978, с. 273—274).*

---

Гидробиология исследует предпосылки и факторы сгущениями живого вещества в гидросфере. Если на суше многие сгущения связаны с увлажнением, наличием воды, то в гидросфере на первое место выступают другие факторы, та-

кие как температура, динамика водных масс, характер и свойства субстратов, но часто — биотическое взаимодействие.

Идея исключительной роли живого в глобальных процессах присутствует в работах многих ученых. Один из создателей математической экологии А. Лотка указывал на существование систем организмов, в глобальном масштабе представляющих собой единое целое.

---

*«Тела организмов, относящихся ко всем этим видам, вместе с определенными неорганическими структурами, составляют огромный единый всемирный преобразователь. Полезно приучиться представлять себе этот преобразователь как одно громадное целое, одну великую империю»* (Lotka, 1925 (цит. по Элтон, 1960, с. 162).

---

В 1970-х годах английский исследователь Дж. Лавлок (Lovelock, 1979) предложил концепцию Геи (англ. — Gaia hypothesis), названную в честь древнегреческой богини Земли — Геи. В концепции не развивались идеи Э. Зюсса — В.И. Вернадского, а скорее была «конвергентно» сформулирована идея всеобщей планетарной взаимосвязи биогеохимических и биологических процессов, создающих самоорганизующуюся систему. Взаимодействие и взаимообусловленность процессов позволяют Гее (биосфере) существовать как системе, которая обеспечивает продолжительное существование жизни на планете, поддерживая процессы экспансии жизни, ее разнообразия и ограничивая деструктивные процессы. Взаимодействуя с абиотической средой, жизнь, в свою очередь, активно участвует в поддержании биогеохимических циклов.

Концепция или гипотеза Геи была важным этапом разработки проблем биосферологии, Г.А. Заварзин (2003) ставит её в один ряд с системными концепциями Ч. Дарвина, С.Н. Виноградского, В.И. Вернадского.

Рассмотрение вопроса о живом веществе и роли учения В.И. Вернадского для гидробиологии было бы неполным, если бы мы не остановились на существующей критике его взглядов. Основные, с нашей точки зрения, критические положения (Беклемишев, 1964; Гиляров, 1994) сводятся к следующему:

- Вернадский оставался равнодушным к краеугольной идее естественного отбора Дарвина и Уоллеса как возможного механизма изменения видов;
- его мало интересовали вопросы разнообразия фауны и флоры;
- он постулировал континуальность живого вещества, противоречащую представлениям о дискретной природе организмов.

Легко видеть, что все эти положения связаны между собой: континуальное живое вещество не обладает разнообразием, необходимым для отбора, а отвергать это — значит

не принимать основные положения биологической науки, сложившиеся в те времена.

Однако необходимо отметить, что В.И. Вернадский специально подчеркивал (1978, с. 273—274), что дискретность, раздробленность живого вещества — одно из его наиболее важных свойств. В статье, написанной в 1943 г. и опубликованной в 1945 г. в журнале «American Scientist», В.И. Вернадский прямо указывал на главнейшую особенность живого вещества — способность эволюционировать.

---

*«История живого вещества разворачивается как медленная модификация форм живых организмов, генетически непрерывно связанных между собой от поколения к поколению. Эта идея не была разработана в научных исследованиях до 1859 года, когда она получила обоснование в великих трудах Чарльза Дарвина (1809—1882) и Альфреда Уоллеса (1822—1913). Она была сформулирована в учении об эволюции видов растений и животных, включая человека. Эволюционный процесс — свойство и особенность только живого вещества» (Vernadsky V.I., 2005 (перевод и выделения наши, А.П.).*

---

В.И. Вернадский действительно не был биологом, однако именно биогеохимический подход заставил биологов по-новому взглянуть на роль живых организмов на Земле. При всей исключительной важности теории естественного отбора Дарвина—Уоллеса не только для биологии, но для формирования современного мировоззрения в целом, она вряд ли давала основания для масштабного, планетарного взгляда на значение жизненных процессов. Что до разнообразия, то все более точное и всеобъемлющее описание разнообразия проявлений жизни, в том числе и учет многообразия видов, наполняется новым смыслом, если оно рассматривается в диалектическом единстве дискретности-континуальности различных проявлений жизни от организма до живого вещества биосферы или гидросферы. Гидробиология как наука о жизни в гидросфере не может не касаться вопросов целостного и разностороннего изучения биосферы. Изучение многообразия проявлений жизни в гидросфере, основанного на разнородном строении вещества биосферы является одной из задач гидробиологии.

...экологией мы будем называть то, чем занимаются экологи  
 Гиляров, 1992, с. 6

Все стали «экологами». Такого взрыва профанации знания не было в истории человечества.  
 Реймерс, 1992, с. 13

## ГИДРОБИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Имеется множество определений гидробиологии как экологической науки либо как части экологии, имеющей «полное право на самостоятельное существование в рамках экологии» (Муравейский, 1936), как «экологии гидросферы» (Винберг, 1977), как «раздела экологии, изучающий водные экосистемы и слагающие их компоненты» (Биологический... 1986). Следует, однако, отметить, что сами экологи отнюдь не выделяют в отдельные разделы своей науки гид-

роэкологию или геоэкологию (терраэкологию), т.е. не делят её по средам обитания организмов, хотя и учитывают особенности среды. Известно и распространено деление экологии на аутоэкологию, демэкологию, синэкологию, т.е. по уровням организации надорганизменных систем (Одум, 1975; Алимов, 2002). Очевидно, что общие закономерности формирования структуры популяций или сообществ, так же как и их функционирование, сходны, независимо от среды обитания организмов.

Термин «экология» в научный словарь был введен Э. Геккелем (Haeckel, 1866). Это стало началом практического использования в биологической науке фундаментального принципа взаимосвязи живой системы и среды её обитания. Он рассматривал экологию как «науку о домохозяйстве организмов, об их жизненных нуждах и их отношениях к прочим организмам, совместно с которыми они живут» (Геккель, 1908, с. 45). Такая дефиниция была достаточно понятной почти в бытовом смысле и существует до сих пор.

Изначально в экологии были восприняты многие ключевые подходы и положения эволюционной теории Ч. Дарвина о важнейшей регулирующей роли условий среды, включая абиотические факторы и биотическое взаимодействие, а также представление о конечности ресурсов и роли этого в ограничении роста популяций. У каждого вида имеются свои особенности цикла развития и жизненной стратегии, способов использования ресурсов; организмы разных видов дают различное количество потомков, отличающихся размерами, потребностями в условиях обитания. Огромное разнообразие жизненных циклов оказывается достаточно эффективным, поскольку сотни тысяч видов и бесчисленное количество популяций продолжают существовать в биосфере поколение за поколением. Представления о разнообразных способах использования ресурсов как о важнейшей предпосылке и условии сосуществования становятся одними из ключевых в экологии.

---

*Средства к поддержанию жизни в экономике природы не рассеяны в изобилии, напротив, они вообще весьма ограничены и далеко не достаточны для той массы индивидов, которые могли бы развиться из зародышей. Поэтому большинство животных и растительных видов с громадным трудом достигает необходимых средств к жизни. Отсюда неизбежно возникает между ними конкуренция в достижении этих необходимых условий существования... Всем одинаково они необходимы, но только немногим они действительно достигаются: «Много званых, да мало избранных» (Геккель, 1908, с. 115).*

---

В теории Ч. Дарвина был предложен принципиально новый подход, была нарушена «типологическая концепция вида», нарушены представления о некоем типичном организме определенного вида. Изменчивость стала важнейшим признаком одновидовых групп организмов, перестала

быть мешающим «шумом», потребовала специального исследования. Дарвин первым из биологов стал рассматривать экспоненциальный рост популяций как источник напряженности в отношениях между видами.

Описательное исследование растительного и животного макромира, а по мере совершенствования оптических приборов и микромира, открыло необозримые горизонты разнообразия живого. Многие научные экспедиции отправлялись в далекие страны, пополнялись обширные биологические коллекции, прекрасно иллюстрированные книги по зоологии и ботанике были одними из самых читаемых просвещенной публикой. Парадигма максимально точного, подробного описания частностей в огромном разнообразии изучаемого живого господствовала, однако существовали и другие подходы.

---

*«Вместо путешествия в отдаленные страны, на что так жадно кидаются многие, приляг к лужице, изучи подробно существа — растения и животных, ее населяющие, в постепенном развитии и взаимно непрестанно перекрещивающихся отношениях организации и образа жизни, и ты для науки сделаешь несравненно более, нежели многие путешественники...*

*...назначить следующую тему для ученого труда первейших ученых: «Исследовать три вершка ближайшего к исследователю болота относительно растений и животных, и исследовать их в постепенном и взаимном развитии организации и образа жизни посреди определенных условий» (Рулье, 1954, с. 140).*

---

Эти слова и сейчас могут служить программой исследования.

Важным источником и составной частью экологии является биогеография, однако не только и не столько в смысле широкого описания особенностей распространения новых видов, но в смысле развития идей, высказанных великим немецким путешественником, ботаником, естествоиспытателем Александром Гумбольдтом (1769—1859). Разработанное им понятие о жизненных формах растений было крайне важным для формирования общеэкологических представлений — за бесконечным разнообразием частных проявлений жизни необходимо видеть немногочисленные экологически сходные типы живых организмов, сформировавшиеся в близких условиях. Биогеографический подход с его разнообразным материалом как по составу организмов, так и по условиям их обитания в различных климатических зонах, оказался весьма полезным для развития факториальной экологии.

Совершенно справедливо утверждение А.М. Гилярова (1992) о том, что прогресс, достигнутый в экологии, и, добавим, само ее становление как науки, связаны с отказом от изучения бесконечного разнообразия и концентрацией внимания на обобщенных, гораздо более простых, чем в жизни, модельных ситуациях.

Экологию можно определить как науку, предметом изучения которой являются системы живых организмов (популяции, сообщества), связанные с внешним окружением и образующие с ними биокосные системы (экосистемы).

Экология участвует в решении глобальных проблем, вызванных процессами, происходящими в биосфере (Lubchenko et. al. 1991), среди которых:

- глобальные изменения в биосфере, включая причины и последствия изменений климата, почв, вод;
- природные и антропогенные изменения биологического разнообразия, организмов и среды обитания;
- нарушение устойчивости экосистем, включая определение и устранение стрессовых для экосистем ситуаций.

Гидробиологию издавна относят к экологическим наукам. Так, С.А. Зернов писал: «Гидробиология в настоящий момент ее развития может быть определена как наука, изучающая причинную связь и взаимоотношения между водными организмами и окружающей средой, как живой, так и мертвой» (1949, с. 7). В этом определении более чем полувекковой давности, как, впрочем, и в более современных, подчеркивается, что предметом гидробиологии является изучение взаимосвязей биологических объектов со средой. По мнению Г.Г. Винберга (1960), в гидробиологических исследованиях «внимание концентрируется на изучении зависимости водных организмов и их природных совокупностей от условий среды обитания» (с. 9). В таком подходе, который рассматривается как экологический, имеется определенная тавтология: поскольку речь идет о живых, биологических системах, постольку это предусматривает ту или иную форму взаимодействия со средой, т. к. вне среды живые системы не существуют и существовать не могут.

Экология универсальна, поскольку изучает надорганизменные системы независимо от среды обитания — воздушной или водной. Один из постулатов экологии можно сформулировать так: популяции, сообщества и экосистемы, независимо от их состава, локализации и среды обитания организмов, функционируют по одним и тем же законам. Поэтому для экологии совершенно не важно, что «изучение водных сообществ и экосистем во многих отношениях опередило изучение экосистем суши и оказало большое влияние на формирование общеэкологических представлений» (Винберг, 1977). Экологические аспекты гидробиологии просто вошли в общий свод экологических закономерностей. Экология, безусловно, едина и деление ее на гидроэкологию и атмоэкологию (или терраэкологию) достаточно искусственно и может быть чисто методическим.

При рассмотрении вопроса о связях и различиях между экологией и гидробиологией ключевой посылкой может быть

высказывание, принадлежащее Г.Г. Винбергу (1977, с. 6): «В гидробиологии раньше, чем в экологии наземной жизни, были начаты исследования *надорганизменных систем*, например, планктона, что и положило начало *обособлению этой науки*» (выделение наше, А.П.). Очевидно, что поводом к обособлению гидробиологии стало не изучение надорганизменных систем, а то, что эти системы были специфичны и характерны только для гидросферы.

Сходство между экологией и гидробиологией заключается в исследовании надорганизменных систем. Различие состоит в том, что в основе систем, изучаемых экологией, лежит «линнеевский» подход, а гидробиологических — «гумбольдтовский»: в первом случае в основе лежит биологический вид, во втором — жизненная форма и сходные с ней категории. Экологические надорганизменные системы начинаются с популяций, т.е. одновидовых группировок организмов, гидробиологические — с группировок конвергентных форм, близких, хотя и не одинаковых экоморф, обитающих в сходных условиях (и, естественно, в водной среде).

Экологическими являются любые исследования биологических систем надорганизменного уровня, если конечной целью они имеют осмысление места исследуемого явления в экосистеме (Федоров, 1977). Гидробиология вполне может исследовать «экологические» надорганизменные системы гидробионтов, такие как популяции, сообщества, но в каждом конкретном случае она лишь пользуется методами экологии, отнюдь не становясь ею.

Обсуждение, какая из наук — гидробиология или экология — масштабнее, по-видимому, лишено смысла, поскольку относительно сред обитания более масштабной представляется экология, а относительно исследуемых систем, уровней организации — гидробиология.

Гидробиологическими следует считать исследования, дающие новые знания об организации, функционировании структурированного живого вещества в условиях гидросферы. Элементарным объектом исследования гидробиологии является организм-гидробионт, который существует только во взаимосвязи со средой и в ассоциациях с другими организмами. Специфическими надорганизменными объектами исследования гидробиологии выступают экологические группировки гидробионтов, а также гидроэкосистемы и их совокупности — гидробиомы.

Термин «гидроэкология» может рассматриваться как подчиненный по отношению к термину «гидробиология». Исследование экологических объектов (популяций, сообществ и экосистем) в гидросфере является одним из разделов гидробиологии. Гидроэкология может рассматриваться как раздел гидробиологии и в то же время как составляю-

щая общей экологии, поскольку имеет дело с вышеупомянутыми объектами и с точным указанием их местоположения — водная среда.

Организм не существует вне среды обитания. Взаимосвязь живых и косных систем неразрывна. Именно поэтому предметом гидробиологии являются не только живые организмы и их ассоциации, но и элементы среды, биокосные системы. Строго говоря, гидробиология при этом теряет свою абсолютную «биологичность». Гидробиология — наука биологическая и биоцентрическая, поэтому в круг её интересов входят и биокосные системы — водные экосистемы.

## НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ТЕРМИНОЛОГИИ

При рассмотрении вопроса о месте гидробиологии в ряду других биологических наук, предмете её исследований, нельзя не обратить внимания на связанную с этим чрезвычайно разнообразную терминологию. Только в одной небольшой работе, касающейся истории и терминологического аппарата гидробиологии (Заика, 2003), можно найти более десятка терминов.

Существенное отличие океана от континентальных вод как основных частей арены жизни в гидросфере определило различия в терминологии двух направлений исследований — жизни в океане и в континентальных водах. Для обозначения области исследования, ограниченной океаносферой, чаще используют термины «океанология», (англ. — *oceanology*), «морская биология» (англ. — *marine biology*); для исследований в континентальных водах — «гидробиология» (англ. — *hydrobiology*), «лимнология» (англ. — *limnology*). Необходимо учитывать единство гидросферы, историческое и функциональное единство гидробиоты, поэтому в любом случае термины, связанные с крупными подразделениями гидросферы, могут рассматриваться как соподчиненные. Общим термином может быть «гидробиология», при этом частными выступают «морская гидробиология» (англ. — *marine hydrobiology*) и «гидробиология континентальных вод» (англ. — *inlandwater hydrobiology*).

Заслуживает внимания использование терминов «лимнология», «биолимнология». Термин «лимнология» был введен швейцарским исследователем Ф. Форелем в 1892 г. в классическом труде «Le Léman: monographie limnologique». В этом исследовании Женевское озеро (фр. — Le Léman) было представлено скорее в географическом, чем в биологическом аспекте. Давая определение лимнологии, он пишет, что «лимнология есть океанография озер» (цит. по Ghilarov, 1994).

Учитывая это, Г.Г. Винберг (1984) делает необходимое гидробиологу уточнение, говоря о «биолимнологии».

Международная организация, объединяющая гидробиологов — исследователей континентальных вод, называется Международная ассоциация теоретической и прикладной лимнологии (англ. — International Association of Theoretical and Applied Limnology, фр. — Societas Internationales Limnologie — SIL). Она была создана в 1922 г. по инициативе двух выдающихся гидробиологов А. Тинеманна и Е. Наумана, причем первый предлагал использовать в названии термин «гидробиология» (нем. — *hydrobiologie*).

Следует отметить, что в современных работах, напр. Р. Ветцеля «Limnology» (Wetzel, 1983), речь действительно идет о лимнологии — науке об озерах или шире — о водоемах с замедленным стоком, лентических экосистемах. Рассматриваются вопросы происхождения озер, их морфометрия, основные биоценозы, циклы биогенов, продуктивность. В то же время в область лимнологии или биолимнологии совершенно бесосновательно включают исследования всех типов континентальных водных объектов, не только озер, но и текучих вод и т.п. (Винберг, 1981; Burns, 2002). Попытка закрепить строгую классификацию приводит к неприемлемым схемам, когда в «лимнологию в широком смысле» включается «лимнология в более узком смысле как изучение стоячих вод» и «потамология (текучие воды)» (Kajak, 1998). Использование терминов «limnology», «лимнология» или «биолимнология» совершенно неприемлемо для обозначения области гидробиологии, связанной со всеми поверхностными водами суши, так же как и замена термина «гидробиология» на термин «лимнология». То же самое можно сказать и для английских терминов «hydrobiology» и «limnology».

Все определяется  
полезностью...

*Дени Дидро*

## ГИДРОБИОЛОГИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ДЕЛЕНИЯ НАУК НА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ

Деление наук на фундаментальные и прикладные или выделение фундаментальных и прикладных задач в рамках одной науки довольно условно. Познание закономерностей явлений природы через накопление, сопоставление, анализ научных фактов, выдвижение гипотез и их проверка представляет собой самостоятельный род человеческой деятельности. Результатом этой деятельности является получение нового знания об окружающем мире, которое чаще всего в виде аксиом, законов, постулатов, гипотез не может прямо использоваться в практической деятельности.

Для обеспечения жизненных потребностей человека (биологических, психологических, этнических, социальных, тру-

довых, экономических (Реймерс, 1992) используются различные природные ресурсы. Деятельность человека направлена на все более полное удовлетворение своих потребностей. Можно выделить три основных направления такой деятельности: 1) обеспечение полноценным питанием; 2) обеспечение питьевой и технической водой необходимого качества и 3) повышение комфортности среды обитания, включая производство материалов, изделий, источников энергии, транспорт и т.п., модификация природной среды.

Связующим звеном между деятельностью человека, направленной на получение нового знания, и практической, утилитарной, являются так называемые прикладные науки.

Фундаментальные проблемы гидробиологии можно рассматривать соответственно уровням организации живого. В соответствии с теми или иными критериями, различные авторы приходят к несколько различающимся иерархическим системам (Федоров, Гильманов, 1980; Шварц, 1980; Реймерс, 1992; Емельянов, 1999). Нам представляется наиболее приемлемой схема, предложенная Е.М. Лавренко (1964). Автор выделяет два блока уровней организации и изучения живого: в первом блоке молекулярный, клеточный и организменный уровни и во втором, надорганизменном — популяционный, биоценотический уровни и уровень живого вещества биосферы. Следует признать, что из указанных уровней целостными, биологически самодостаточными являются лишь два — организменный и живого вещества биосферы. Первый — в силу неделимости, целостности организма. Второй — в силу естественной, предельной ограниченности живого вещества масштабом биосферы нашей планеты.

Молекулярный уровень организации живого — область исследований биохимии, молекулярной биологии — имеет отношение к гидробиологии в довольно узком аспекте, связанном с особенностями биохимии гидробионтов. Представляет интерес сравнительная и эволюционно-сравнительная биохимия гидробионтов. Биохимия должна учитывать, что основные биохимические процессы жизни сформировались именно у обитателей гидросферы. Одной из важнейших черт системы «водная среда — населяющая ее биота» является их теснейшая взаимосвязь, настолько сильная и постоянная, что можно говорить об экологическом метаболизме в экосистеме, что подразумевает обмен веществ в морских и пресноводных сообществах при участии различных органических и неорганических продуктов жизнедеятельности, выделяемых в воду одними организмами и потребляемых другими (Хайлов, 1971; Сакевич, Усенко, 2008). Молекулы биологически активных веществ в составе метаболитов выполняют важные регуляторные функции жизни биоценозов, находясь и вне организма. Биохимическое взаи-

модействие является одним из основных в регуляции жизни сообществ гидробионтов.

Клеточный уровень организации живого — область интересов цитологии. Важнейшие процессы адаптаций гидробионтов происходят и на клеточном уровне. Кроме того, в масштабах всей гидробиоты очень важной оказывается связь этого уровня со следующим, организменным, поскольку значительная часть всех гидробионтов — одноклеточные организмы, то есть они находятся на клеточном и организменном уровнях организации одновременно.

Уровень целостного организма — сфера интересов многих наук: физиологии, экоморфологии, зоологии, ботаники, микробиологии и др. Независимо от среды обитания организма, эти науки пытаются дать ответы на вопросы о строении и функциях организма как целостной системы, о физиологических, морфологических отличиях организмов разных видов. И еще о том, сколько видов живых существ обитает на нашей планете.

Область интересов гидробиологии на организменном уровне организации живого охватывает изучение морфологических, физиологических, поведенческих и других адаптаций организмов, живущих в гидросфере.

Организм представляет собой биологическую целостность, является дискретной единицей жизни, однако организмы представляет собой систему суборганизменных элементов и в то же время являются элементами надорганизменных систем. Биоценотический уровень — это уровень разнообразного биотического взаимодействия между надорганизменными системами. Последние представлены не только видовыми популяциями, но топически и функционально разделенными частями популяций — ценопопуляциями, экотопическими группировками гидробионтов, трофическими и экоморфными группировками. Для поддержания иерархической целостности системы уровней организации живого целесообразно ввести промежуточный, между популяционным и биоценотическим, уровень надпопуляционных и непопуляционных ассоциаций организмов. Сюда можно отнести экотопические группировки гидробионтов, представляющие собой реальные, своеобразные совокупности организмов.

Гидробиология, как наука биологическая, объектом своих исследований имеет живые системы, неразрывно связанные со средой, она рассматривает водоем как целое, т.е. гидрозкосистему. Изучая живое вещество гидросферы в связи со средой, мы стремимся получить новое знание об устройстве биосферы, причинно-следственных связях, взаимодействии его взаимосвязанных частей, причинах и закономерностях возникновения, функционирования и угасания биотических систем.

Таким образом, гидробиология как фундаментальная наука имеет дело практически со всеми уровнями организации живого.

Общая гидробиология рассматривает основополагающие, общебиологические закономерности жизни в гидросфере. Сравнительная гидробиология объединяет направления исследований, в основе которых лежит изучение фундаментальных процессов в их сравнении и огромном разнообразии, что даёт возможность построения определенных систем и классификаций. Важное значение имеет сравнительное исследование различных адаптаций гидробионтов — от биохимических до морфологических и поведенческих. Сюда отчасти входят исследования разнообразия организмов, населяющих гидросферу. В изучении экологических группировок сравнительный анализ также занимает значительное место. На основании сравнения основных структурно-функциональных характеристик различные гидрозосистемы могут быть отнесены к определенному биому. Гидробионты, их ассоциации, экосистемы изменяются во времени, ранее существовавшие биотические системы служат основой для развития современных, поэтому большое значение имеют сравнительно-исторические исследования. Особенно важными в настоящее время, в условиях изменения климата, являются сравнительные гидробиологические исследования.

Частная гидробиология имеет дело с конкретными регионами, типами сообществ и экосистем. Экологические группировки гидробионтов рассматриваются в этом разделе гидробиологии в условиях конкретных водоемов или их отдельных типов. В рамках частной гидробиологии также рассматриваются особенности пространственного распределения сообществ, ареалов конкретных видов гидробионтов, сукцессионных явлений. Большой интерес представляют исследования отдельных таксонов гидробионтов, вовлеченных в процесс биологической инвазии.

В деятельности человека вырабатывается своя система приоритетов, принципов, на основе которых осуществляется его контакт с окружающим миром и удовлетворение жизненных потребностей. В соответствии с основными направлениями практической деятельности человека и в гидробиологии можно выделить несколько прикладных направлений. Одной из важнейших задач является обеспечение пищевыми ресурсами. Список морских и пресноводных организмов, используемых человеком в пищу, обширен: от микроскопических водорослей до китов. В мировой практике наметилась устойчивая тенденция увеличения научных и практических разработок в области аквакультуры — управляемого получения продукции гидробионтов, в

отличие от промысла, результат которого зависит не только от технологий добычи, но и от климатических условий. В настоящее время в мире соотношение добываемой и вырабатываемой продукции гидробионтов составляет приблизительно 2 : 1 (Болтачѳв, 2007). Для успеха промысла развивалось и развивается прогностическое ресурсоведение моря и внутренних вод. Активно ведется поиск новых гидробионтов для аквакультуры, а также селекционная работа, направленная на улучшение свойств давно используемых видов гидробионтов.

Второе, не менее важное направление — обеспечение питьевой водой, традиционно относится к санитарно-гидробиологическому, водохозяйственному направлению. Здесь разрабатываются основы использования гидробиологических процессов для воспроизводства чистой воды, охраны вод от загрязнения, активизации процессов самоочищения водоемов. Гидробионты являются показателем качества среды: оценка состояния гидроэкосистем на основе биоиндикации является очень важным разделом прикладной гидробиологии. Как «живые реактивы» рассматривал их Я.Я. Никитинский (1938).

Третье направление связано с производством материалов, изделий, электроэнергии, т.е. деятельностью человека, направленной на повышение комфортности жизни. Производство электроэнергии на всех типах электростанций (ГЭС, ТЭС, АЭС), навигация, производство различных веществ и материалов, сельское хозяйство также в значительной степени связаны с водопотреблением и водопользованием. Здесь прикладная гидробиология решает вопросы уменьшения негативного воздействия на окружающую среду, устранения биологических помех, создаваемых гидробионтами при эксплуатации технических систем и т.п. Результаты исследования морфологии, биомеханики, гидробионтов используются в бионике, для разработки технических аналогов биологических систем водных организмов.

В качестве основного объекта технической гидробиологии необходимо ввести понятие водной техноэкосистемы, представляющей собой совокупность биотопов природного и техно-антропогенного характера вместе с их биотическим населением. Технические системы чрезвычайно разнообразны и оказывают значительное влияние на водные объекты и жизнь в них за счет выбросов различных химических веществ, нарушения естественного термического режима водоемов, гидродинамических процессов. Сами системы водоснабжения представляют собой биотопы, пригодные для обитания многих гидробионтов. Большая часть водных организмов, в свою очередь, создает значительные биологические помехи в работе технических систем.

Из концепции техноэкосистемы вытекает основная задача технической гидробиологии: гармонизация взаимоотношений между человеком, создаваемыми и эксплуатируемыми им техническими системами с одной стороны и гидробиосферой — с другой.

Очевидно, что провести отчетливые границы между прикладными и фундаментальными аспектами гидробиологии сложно. Именно поэтому проблемы, сформулированные в начале XXI века на одном из конгрессов Международной ассоциации теоретической и прикладной лимнологии, звучат одновременно и как фундаментальные, и как прикладные: обеспечение пресной водой необходимого качества и в требуемом количестве, сохранение биологического разнообразия, устойчивое использование природных ресурсов в условиях глобальных изменений в биосфере (Burns, 2002).

## **ГИДРОБИОЛОГИЯ КАК ЦЕЛОСТНАЯ НАУКА О СТРУКТУРИРОВАННОМ ЖИВОМ ВЕЩЕСТВЕ В ГИДРОСФЕРЕ**

**Мы специализируемся  
не по наукам,  
а по проблемам.**

*Вернадский, 1977, с. 89.*

Если перефразировать высказывание А.М. Гилярова: «...экология — это то, чем занимаются экологи», то для определения гидробиологии необходимо выяснить, чем же занимаются гидробиологи? Представить облик современной гидробиологии не так-то просто из-за пересечения интересов различных наук и естественной нечеткости границ объектов исследования.

Как уже говорилось, объектом изучения гидробиологии являются живые системы во взаимосвязи с окружающей их средой. Многие гидробиологи (А. Тиннеман, Ф. Форель, Э. Джудей Г.Г. Винберг и др.) занимались исследованием именно взаимосвязей между основными элементами в гидрозкосистеме, в целостной системе водоема. Очевидно, что «водоем как целое» включает как живые элементы, так и системы взаимодействий между живым и неживым, между организмами, их ассоциациями и средой. Поэтому либо нужно полностью отдать эту проблему в область экологии, либо считать, что объекты гидробиологии и экологии здесь совпадают. Мы склоняемся ко второму.

В делении биологии на атмобологию и гидробиологию лежат более глубокие предпосылки, чем внешние отличия среды. Не потому ли насекомые достигли такого колоссального разнообразия, что принципиально по-новому, «негидробионтно» решили основные проблемы взаимосвязи со средой — хитиновый покров с минимальной проницаемостью, дыхательная система, функционирующая по

принципу непосредственного подведения атмосферного воздуха к органам и клеткам? Они стали истинными атмобионтами, большая же часть остального живого мира — явные или неявные гидробионты, которые если и обитают в воздушной среде, то «захватив» с собой на сушу часть гидросферы в виде, например, смачиваемых поверхностей жабр или легких.

Гидробиология — это наука о специфически структурированном живом веществе гидросферы. **Объектом** ее исследования являются организмы-гидробионты и их ассоциации; **предметом** — взаимосвязь этих организмов со средой обитания и роль в биосферных процессах в масштабах от «организм как целое» до «гидробиосфера как целое». Гидробиология обладает своим арсеналом **методов**, связанных с характером среды обитания водных организмов с одной стороны и особенностями гидросферы как чуждой среды обитания для самого исследователя с другой.

Гидробиология как биологическая наука о закономерностях жизни в гидросфере Земли рассматривает:

- закономерности адаптаций организмов-гидробионтов в их связи со средой обитания, обладающей, в свою очередь, собственными структурными и системными свойствами;
- закономерности структуры и функционирования ассоциаций гидробионтов;
- закономерности функционирования гидроэкосистем (водоема как целого) и биомов в гидросфере;
- общие закономерности жизни в гидросфере как части биосферы.

Гидробиологию следует рассматривать как систему знаний об организмах-гидробионтах, экотопических группировках гидробионтов, гидробиомах и живом веществе гидробиосферы.