

И.Г. Хомченко, А.В. Трифонов, Б.Н. Разуваев

СОВРЕМЕННЫЙ АКВАРИУМ И ХИМИЯ



СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие

Глава I: Знакомство с основами аквариумной химии

Глава II: От Амазонки до Амура

Глава III: Химическая лаборатория аквариумиста

Глава IV: Декоративный аквариум в интерьере

"Современный аквариум и химия"

И. Г. Хомченко, А. В. Трифонов, Б. Н. Разуваев.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Аквариумистика в настоящее время приобрела большую популярность во всем мире. Значительно увеличилось число растений, рыб и других животных, которых содержат любители в своих домашних водоемах. Заметно возросли требования к декоративному оформлению аквариумов.

Высокий уровень развития аквариумистики не позволяет успешно содержать домашние водоемы, разводить растения и рыб без специальных знаний, в частности химии. Понимание химических процессов, протекающих в аквариуме, знание химического состава воды и умение управлять им, правильное использование химических препаратов — залог успеха в содержании и разведении рыб и водных растений (в том числе — наиболее трудных) и в общем благополучии декоративного аквариума.

Вопросы гидрохимии и использования химических препаратов обычно рассматриваются в книгах, посвященных общим вопросам аквариумистики, среди которых следует отметить книги М. Н. Ильина, В. С. Жданова, М. Д. Махлина, А. М. Кочетова. За рубежом выходили книги, посвященные аквариумной химии, например, монография Д. Холя, изданная в 1975 году в Лейпциге, Однако в ней изложены далеко не все вопросы, необходимые аквариумисту. В нашей стране подобных изданий не было, опыт авторов является первым.

Мы посчитали необходимым осветить в книге следующие вопросы: основные понятия общей химии и гидрохимии, которые необходимы аквариумисту (включая проведение простейших химических расчетов); описание химических процессов, которые протекают в аквариуме; общую и гидрохимическую характеристику различных регионов мира, в которых обитают аквариумные животные и растения; практические рекомендации по подготовке воды, проведению анализов, управлению составом воды в различных условиях, использованию различных препаратов химических и физико-химических методов; общие рекомендации по содержанию декоративных аквариумов. При этом авторы стремились максимально передать свой опыт и обобщить литературные данные (широко использованы как отечественные, так и зарубежные материалы).

Авторы книги - аквариумисты с большим стажем. В течение многих лет мы занимаемся коллекционированием водных растений, разведением рыб, проведением экспериментальных работ по гидрохимии аквариума, устройством декоративных водоемов. Поэтому мы считаем свое обращение к данной теме вполне оправданным. Однако мы не исключаем, что в книге имеются какие-то упущения, на которые любители - аквариумисты укажут нам. Будем признательны всем читателям, приславшим свои отзывы, замечания, пожелания, а также собственные материалы по теме книги.

Авторы признательны С. М. Кочетову за предоставленные слайды и информационные материалы, которые были использованы при работе над рукописью. Мы также выражаем благодарность московскому аквариумисту И. Годунову, который принял участие в написании главы «Юго-Восточная Азия».

Авторы

1. ЗНАКОМСТВО С ОСНОВАМИ АКВАРИУМНОЙ ХИМИИ.

Аквариумистикой занимаются по-разному. Многие любители содержат аквариум, следуя известным рекомендациям и не вдаваясь в сущность процессов, происходящих в аквариуме, и при этом часто достигают успеха. Другие аквариумисты пытаются подробно разобраться в тех явлениях, которые происходят в домашнем водоеме. Для этого необходимы определенные знания гидрохимии, т. е. химии воды и водных растворов. Без таких знаний невозможно понять, почему в воде, взятой из одного источника, рыбы хорошо живут и размножаются, а в воде из другого — гибнут; почему одни растения чувствуют себя хорошо, а другие практически не растут; почему рыбы начинают «чесаться» о растения и камни и т. д. Не зная основ гидрохимии, невозможно освоить содержание и разведение новых редких видов обитателей аквариума и, конечно, не справиться с солоноводным и морским аквариумами.

Мы познакомим читателей с важнейшими понятиями химии, которые необходимы для понимания сложных химических, физико-химических и биохимических процессов, происходящих в аквариуме. При этом мы рассчитываем, что аквариумистам известны хотя бы элементарные химические понятия, которые изучаются в средней школе.

О ВОДЕ И ДРУГИХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ

Главное в аквариуме — это вода. Вода выполняет множество функций. Это среда обитания водных животных, растений, микроорганизмов; растворитель и источник питательных веществ для них. Вода участвует в обмене веществ, происходящем в живых организмах и во многих других процессах.

Вода — одно из наиболее распространенных веществ на Земле. Все водные ресурсы нашей Планеты образуют так называемую гидросферу, в состав которой входят океаны, моря, реки, озера, болота, ледники, снега, подземные воды. На долю гидросферы приходится более 75% площади поверхности Земли (заметим, что пресноводные реки и озера занимают приблизительно 1,7%). По оценкам специалистов масса всей воды на Земле составляет $1,5 \cdot 10^{19}$ тонн. Если всю эту воду равномерно распределить по поверхности нашей планеты, то образуется океан глубиной 3 км.

Вода — вещество, обладающее очень интересными свойствами и имеющее достаточно сложную структуру. Некоторые свойства воды настолько необычны, что в литературе обычно говорится об аномалиях этого вещества, обусловленных его строением.

Вода может находиться в трех агрегатных состояниях: твердом (лед), жидком и газообразном (водяной пар). Вода замерзает, превращаясь в лед, при температуре 0°C . При температуре 100°C и нормальном давлении (1 атм.) вода кипит и переходит в пар. С этими крайними пределами состояния воды аквариумисты не встречаются. Обычно температура воды в домашнем водоеме $+20^{\circ}$ — $+28^{\circ}\text{C}$. При содержании холодноводных рыб температуру можно опускать до $+8^{\circ}$ — $+16^{\circ}\text{C}$, а при разведении или лечении рыб — поднимать до $+30^{\circ}$ — $+35^{\circ}\text{C}$.

Рыбы не любят резких колебаний температуры воды: если их переводят из одного температурного режима в другой, то желательно, чтобы повышение температуры было не более, чем на 2°C в сутки, а понижение — на 1°C .

Важное физическое свойство любого вещества — это его плотность. Обычно эту величину обозначают символом ρ , а единицами измерения являются кг/л ($\text{кг}/\text{дм}^3$), г/мл ($\text{г}/\text{см}^3$), г/л. Плотность воды зависит от ее температуры. Так, при 0°C она равна $0,99984$ г/мл, при 20°C — $0,99820$ г/мл, а при 100°C — $0,95835$ г/мл. При температурах, близких к аквариумным условиям, в различных расчетах обычно округляют значение плотности воды до 1 г/мл.

Химическое строение воды достаточно простое: молекула состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода, ее химическую формулу обычно записывают так: H_2O . Однако, вода имеет

целый ряд особенностей, аномалий физических свойств, которые делают это простое вещество очень сложным.

Одна из важнейших особенностей воды (и в то же время, — одна из ее аномалий) заключается в том, что вода при обычных условиях Земли является жидкостью. Многие близкие по химическому строению вещества (например, сероводород H_2S) при этих условиях являются газами. Объяснить это свойство воды можно, если учесть строение ее частиц, показанное на рис. 1. Во-первых, молекула H_2O имеет угловое строение. Во-вторых, молекула воды полярна, т. е. имеющиеся в ней заряженные частицы (электроны) распределены неравномерно; вблизи атома кислорода преобладает отрицательный заряд (избыток электронов), а вблизи атомов водорода — положительный заряд (недостаток электронов). На рис. 1 полярный характер молекулы воды показан знаками «+» и «-». Разноименно заряженные части различных молекул воды притягиваются, возникают так называемые водородные связи, что показано на рис. 2 (водородные связи обозначены пунктиром). В результате такого взаимодействия образуются ассоциаты из молекул воды, формулу которых можно представить в виде $(H_2O)_n$, где n равно 1, 2, 3... При температуре $0^\circ C$ значение n обычно равно 3, а при $4^\circ C$ — 2. Ассоциаты полностью распадаются, лишь, когда вода переходит в пар. Прочные связи между молекулами обуславливают пребывание воды в жидком состоянии при обычных условиях, а также некоторые другие свойства этого вещества.

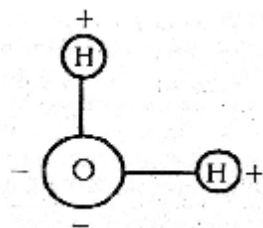


Рис.1. Строение молекулы воды

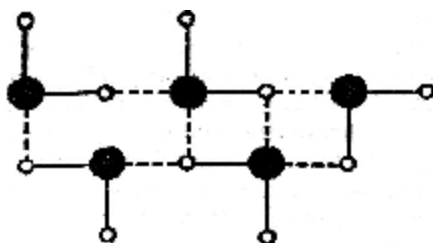


Рис.2. Водородные связи между молекулами воды

Важным свойством воды является ее способность растворять многие вещества, как неорганические (минеральные кислоты, щелочи, соли), так и органические (органические кислоты, спирты, фенолы, альдегиды и многие другие). Аквариумная вода представляет собой не что иное, как раствор большого числа веществ, как органического, так и неорганического происхождения. Аквариумистам следует уметь выражать количественный состав растворов, т. е. рассчитывать их концентрацию.

Один из наиболее распространенных способов выражения состава раствора — массовая доля растворенного вещества, которую принято обозначать буквой w . Массовая доля представляет собой отношение массы растворенного вещества m (р. в.) к массе раствора t . Обычно массовую долю выражают в процентах¹ и рассчитывают по формуле:

¹ Устаревшее название массовой доли растворенного вещества, выраженной в процентах, — процентная концентрация, в настоящее время это понятие, также как и термины «процентный состав», «процентное содержание» в химической литературе не используются.

Что же показывает массовая доля? Например, известно, что массовая доля хлорида натрия NaCl в растворе составляет 3%. Это означает, что в 100 г раствора содержится 3 г NaCl и 97 г воды. Соответственно в 1 кг раствора содержится 30 г NaCl и 970 г воды.

В аквариумной практике часто приходится готовить растворы с определенной массовой долей (растворы лечебных препаратов, удобрений и др.). Приведем примеры расчетов.

Пример. Для лечения рыб нужно приготовить 500 г 1%-ного раствора перманганата калия KMnO₄. Сколько следует взять соли и воды?

Решение. Вначале узнаем плотность требуемого раствора, Плотности некоторых растворов с заданной концентрацией можно определить по справочной литературе (см., например: Лидши Р. А., Андреева Л. Л., Молочко В. А. Справочник по неорганической химии. М.: Химия, 1987. С. 253—274).

Если плотность неизвестна, а раствор достаточно разбавленный (как в данном примере), можно считать, что плотность раствора ρ приблизительно равна плотности воды, т. е. $\rho = 1$ г/мл. Тогда масса раствора будет равна произведению его объема $V = 0,5$ л = 500 мл на плотность:

$$m = V \cdot \rho; \quad (2)$$
$$m = 500 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 500 \text{ г.}$$

Используя формулу (1), рассчитаем массу перманганата калия, который потребуется для приготовления раствора:

$$M(\text{KMnO}_4) = \frac{w \cdot m}{100}; \quad m(\text{KMnO}_4) = \frac{1 \cdot 500}{100} = 5 \text{ г.}$$

Итак, для приготовления раствора надо взять 5 г перманганата калия.

Массу воды мы найдем, вычитая массу соли из массы всего раствора:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m - m(\text{KMnO}_4);$$
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ г} - 5 \text{ г} = 495 \text{ г.}$$

Учитывая, что плотность воды равна 1 г/мл, мы определяем: для приготовления заданного объема раствора надо взять 495 мл воды.

Более сложный расчет надо провести в том случае, когда имеется более концентрированный раствор, из которого надо приготовить разбавленный раствор.

Пример. Имеется 30% — ный раствор соляной кислоты HCl. Требуется приготовить 100 мл 5% — ного раствора HCl. Определить, сколько для этого потребуется 30% —ной соляной кислоты и воды.

Решение. По справочным таблицам определяем, что плотность 5%-ного раствора HCl равна 1,02 г/мл, а 30% —ного — 1,15 г/мл. Вначале вычисляем массу раствора, который надо приготовить, — m_2 (объем этого раствора V_2 , плотность ρ_2 , массовая доля HCl; — w_2).

$$m_2 = V_2 \cdot \rho_2; \quad m_2 = 100 \text{ мл} \cdot 1,02 \text{ г/мл} = 102 \text{ г.}$$

Используя формулу (1), определяем массу соляной кислоты в 5% —ом растворе:

$$m(\text{HCl}) = \frac{w_2 \cdot m_2}{100}; \quad m(\text{HCl}) = \frac{5 \cdot 102}{100} = 5,1 \text{ г.}$$

Теперь вычисляем массу исходного раствора m_1 , в котором содержится 5,1 г HCl (его объем — V_1 , плотность — ρ_1 ; массовая доля HCl в этом растворе — w_1):

$$m_1 = \frac{m(\text{HCl}) \cdot 100}{w_1}; \quad m_1 = \frac{5,1 \cdot 100}{30} = 17 \text{ г.}$$

Зная плотность этого раствора, определяем его объем;

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_1}; \quad V_1 = \frac{17 \text{ г}}{1,15 \text{ г/мл}} = 14,8 \text{ мл.}$$

Массу воды, которая потребуется для разбавления 30% —ного раствора, определяем так:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_2 - m_1;$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 102 \text{ г} - 17 \text{ г} = 85 \text{ г.}$$

Таким образом, для приготовления 100 мл 5%— ного раствора HCl надо взять 14,8 мл 30% —ного раствора HCl и прилить 85 мл воды.

На этом примере также видно, что при смешении растворов сумма объемов двух компонентов не равна объему приготовленного раствора. Этот факт установил и теоретически обосновал Д.И.Менделеев.

Другим распространенным в аквариумной литературе способом выражения состава раствора является **массовая концентрация**, которая показывает сколько граммов или миллиграммов растворенного вещества содержится в 1 л раствора. Обозначение массовой концентрации, которое мы будем использовать в книге — x . Для расчета можно использовать формулу:

$$x = \frac{m(\text{р.в.})}{V} \quad (3)$$

где $m(\text{р. в.})$ — масса растворенного вещества в г или мг.

Пример. Требуется приготовить 5л раствора лечебного препарата малахитового зеленого с концентрацией последнего 2 мг/л. Определите массу препарата, которую надо взять для приготовления раствора.

Решение. Используя формулу (3), получаем:

$$m(\text{малах. зел}) = x \cdot V;$$

$$m(\text{малах. зел}) = 2 \text{ мг/л} \cdot 5 \text{ л} = 10 \text{ мг.}$$

Таким образом, чтобы приготовить требуемый раствор, надо взять посуду вместимостью 5 л (мерную колбу, мензурку, банку или аквариум с соответствующей отметкой), внести отвешенный малахитовый зеленый (10 мг), растворить его в небольшом количестве воды и довести объем раствора до 5 л.

В литературе по аквариумистике (особенно в изданной в США и Англии) часто используется единица концентрации, обозначенная буквами ppt (part per million — число частей из миллиона). Этот способ выражения состава раствора аналогичен массовой концентрации в мг/л. Например, 5 ppt = 5 мг/л.

Наконец, в некоторых расчетах, связанных с проведением химического анализа аквариумной воды, используется **молярная концентрация** c , которая показывает отношение количества растворенного вещества (в молях) $n(\text{р. в.})$ к общему объему раствора V :

$$c = \frac{n(\text{р.в.})}{V} \quad (4)$$

Молярная концентрация измеряется в моль/л. Для обозначения этой единицы часто используется символ М, Например, 1М — одномолярный раствор. Это означает, что $c = 1$ моль/л.

Количество растворенного вещества в молях определяется как отношение его массы $m(\text{р. в.})$ к молярной массе $M(\text{р. в.})$:

$$n(\text{р.в.}) = \frac{m(\text{р.в.})}{M(\text{р.в.})} \quad (5)$$

Как пользоваться формулами (4) и (5), мы покажем на конкретном примере.

Пример. Рассчитайте массу щелочи NaOH (гидроксида натрия), которую нужно взять для приготовления 0,3 л раствора 0,5M NaOH.

Решение. Вначале надо рассчитать молярную массу NaOH. Для этого, пользуясь периодической системой элементов Д. И. Менделеева, находим атомные массы (A_r) натрия, кислорода и водорода и определяем молекулярную массу NaOH — $M_r(\text{NaOH})$:

$$M_r(\text{NaOH}) = A_r(\text{Na}) + A_r(\text{O}) + A_r(\text{H});$$

$$M_r(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40.$$

Молярная масса численно равна молекулярной, но выражается в г/моль, т. е.

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль.}$$

Используя формулу (4), определяем количество вещества NaOH, который необходим для приготовления раствора:

$$n(\text{NaOH}) = c \cdot V;$$

$$n(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль/л} \cdot 0,3 \text{ л} = 0,15 \text{ моль.}$$

Теперь, зная молярную массу NaOH, находим массу требуемой щелочи по формуле (5):

$$m(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH});$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,15 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 6 \text{ г.}$$

Следовательно, для приготовления раствора надо взять 6 г щелочи.

Мы привели лишь некоторые способы выражения состава растворов, а также несколько наиболее типичных и простых примеров расчетов. Если у аквариумистов возникнет необходимость более подробно ознакомиться с данным вопросом и рассмотреть более сложные расчеты, то следует использовать специальную литературу (например, Хомченко И. Г. Общая химия. М.: Новая Волна, 1997, с. 70—75; Хомченко И. Г. Сборник задач и упражнений по химии. М.: Высшая школа, 1989, с. 44—56),

Для характеристики воды как растворителя надо отметить такое свойство, как **растворимость** — способность веществ растворяться в воде. Есть вещества, которые могут растворяться в воде практически неограниченно, образуя смеси любого состава (например, этиловый спирт, серная кислота). Другие вещества, встречающиеся в аквариумной практике, обладают ограниченной растворимостью в воде. Растворимость количественно выражают через максимальную массу вещества (или объем газа), которая может содержаться в 100 г воды при данной температуре. Например, при 20°C в 100 г воды может раствориться 35,9 г хлорида натрия NaCl.

Растворимость твердых веществ, как правило, увеличивается с ростом температуры. Так, при 80°C в 100 г воды можно растворить уже 38,3 г хлорида натрия. Для некоторых веществ возрастание растворимости при увеличении температуры воды еще более резкое. При приготовлении растворов твердых веществ часто используют это явление: воду нагревают, растворение происходит быстрее.

Важную роль в гидрохимических процессах аквариума играют растворенные газы. В табл. 1 показана растворимость некоторых распространенных газов в воде. В отличие от твердых веществ, растворимость газов падает при увеличении температуры. В табл. 2 показано, например, как зависит растворимость кислорода в воде от температурных условий.

Аквариумисты часто сталкиваются с таким явлением: при увеличении температуры воды рыбам становится труднее дышать, они поднимаются к поверхности и заглатывают воздух. Это как раз и связано с уменьшением растворимости кислорода.

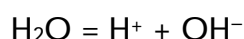
Таблица 1. Растворимость газов в 100 г воды при нормальном атмосферном давлении и температуре 20°C

Газ	Химическая формула газа	Растворимость газа, мл
Азот	N ₂	1,5
Водород	H ₂	1,8
Кислород	O ₂	3,1
Метан	CH ₄	3,3
Углекислый газ	CO ₂	87,8
Хлор	Cl ₂	236

Таблица 2. Растворимость кислорода в 100 г воды при нормальном атмосферном давлении и различных температурах

Температура, °C	Растворимость кислорода, мл
0	4,9
20	3,1
40	2,3
60	2,0
80	1,8
100	1,7

Еще одно свойство воды, играющее важную роль в гидрохимии аквариума, — **электролитическая диссоциация**, т. е. распад молекул на заряженные частицы называемые **ионами**. При распаде одной молекулы воды образуется два иона; **катион** (положительно заряженный ион) водорода и **анион** (отрицательно заряженный ион) гидроксид:



Данный процесс является обратимым, т. е. протекает как в прямом, так и в обратном направлениях. В результате этого обратимого процесса устанавливается равновесное состояние. При равновесии число молекул, распадающихся на ионы, равно числу молекул, образующихся из ионов.

Вещества, распадающиеся на ионы, называются **электролитами**. К ним относится вода. В дальнейшем мы расскажем и о других электролитах.

Важно отметить, что распаду на ионы подвергается лишь небольшая часть молекул воды (этот электролит является слабым в отличие от сильных, у которых практически все молекулы распадаются на ионы). Известно, что при температуре 22°C из 556 млн. молекул воды лишь одна находится в диссоциированном состоянии. Однако, учитывая малые размеры молекул и ионов, можно легко

рассчитать, что в одном кубическом миллиметре воды содержится около 60 млрд. ионов H^+ и столько же ионов OH^- . Это уже внушительное число. В связи с этим процесс диссоциации воды имеет важное значение в гидрохимических процессах.

Установлено, что в воде, а также в водных растворах различных веществ, произведение концентрации ионов водорода $c(H^+)$ (в моль/л) и концентрации гидроксид-ионов $c(OH^-)$ есть величина постоянная. Мы будем обозначать эту величину K_E и называть **ионным произведением** воды:

$$K_E = c(H^+) \cdot c(OH^-) \quad (6)$$

Значение K_E зависит от температуры. При температуре $22^\circ C$ $K_E = 10^{-14}$. При переходе от чистой воды к водным растворам (в том числе и к аквариумной воде) значение K_E сохраняется. Если при растворении в воде каких—либо веществ увеличивается концентрация ионов водорода $c(H^+)$, то концентрация гидроксид-ионов $c(OH^-)$ уменьшается до такого значения, чтобы произведение оставалось постоянным. Значение постоянной K_E используется в различных расчетах, связанных со свойствами аквариумной воды. С такими расчетами мы познакомимся в других разделах книги.

Кроме воды существует большое число веществ, относящихся к электролитам, т. е. диссоциирующих на ионы в водном растворе. К электролитам относятся кислоты (неорганические и органические), щелочи и соли.

При электролитической диссоциации **кислот** образуются ионы водорода и различные анионы (кислотные остатки), например:



Соляная кислота (хлороводородная) Катион водорода Хлорид-ион (кислотный остаток)

Аналогично диссоциируют и некоторые органические кислоты:



Уксусная кислота Катион водорода Ацетат-ион (кислотный остаток)

Назовем еще некоторые распространенные кислоты, с которыми может встретиться аквариумист — любитель в своей практике.

Неорганические (минеральные) кислоты:

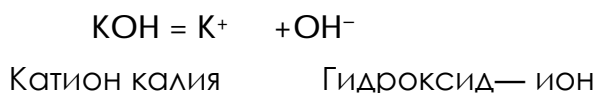
азотная кислота	HNO_3
серная кислота	H_2SO_4
фосфорная (ортофосфорная) кислота	H_3PO_4
угольная кислота	H_2CO_3
борная кислота	H_3BO_3

Органические кислоты:

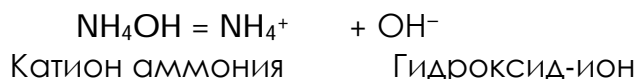
щавелевая кислота	$H_2C_2O_4$
муравьиная кислота	$HCOOH$
аминоуксусная кислота (глицин)	$H_2N - CH_2 - COOH$

Следующий тип электролитов — **основания**, при диссоциации которых образуются катионы металлов и гидроксид-анионы OH^- . Важное практическое значение имеют

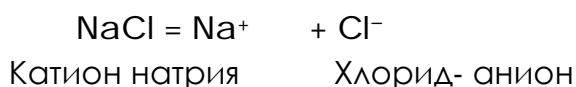
хорошо растворимые в воде основания — **щелочи**: NaOH — гидроксид натрия и KOH — гидроксид калия. Вот, например, уравнение диссоциации KOH:



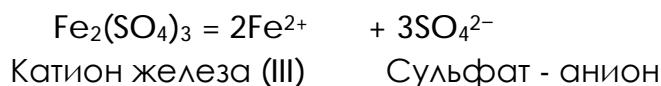
К щелочам относится также водный раствор газа аммиака (иногда этот раствор называют гидроксидом аммония; медицинское название — нашатырный спирт), формулу которого записывают как $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или NH_4OH :



Наконец, еще одну группу электролитов составляют **соли**. При диссоциации солей образуются катионы металлов (или аммония) и анионы кислотных остатков. Например, всем хорошо известный хлорид натрия (обычная поваренная соль):



Другой пример — $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ — сульфат железа (III) (цифра в скобках указывает степень окисления железа, в которой оно входит в состав соединения):



Чтобы ориентироваться в многообразии солей, многие из которых используются в аквариумной технике, надо знать их названия, которые даются по аниону (кислотному остатку), входящему в состав соли. Такие названия приведены в табл. 3. В этой же таблице приводятся устаревшие названия, которые не используются в современной литературе, однако применяются в торговых организациях и встречаются на упаковках химических реактивов.

Кроме обычных (так называемых средних) существуют и другие типы солей. Например, кислые соли, которые диссоциируют как соль и кислота. К таким солям относится гидрокарбонат натрия NaHCO_3 (питьевая сода):



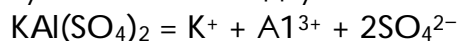
Важную роль в гидрохимии аквариума играют гидрокарбонат кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и гидрокарбонат магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, о которых мы будем подробно говорить в дальнейшем.

Некоторые кислоты (фосфорная и др.) образуют два типа кислых солей: K_2HPO_4 — гидрофосфат калия и KH_2PO_4 — дигидрофосфат калия.

Таблица 3 Названия наиболее распространенных анионов и солей

<i>Анион</i>	Современное название аниона	Устаревшее название аниона	<i>Пример соли</i>	<i>Современное название соли</i>
F ⁻	Фторид	Фтористый	KF	Фторид калия
Cl ⁻	Хлорид	Хлористый	BaCl ₂	Хлорид бария
Br ⁻	Бромид	Бромистый	KBr	Бромид калия
I ⁻	Йодид	Йодистый	NaI	Йодид натрия
S ²⁻	Сульфид	Сернистый	FeS	Сульфид железа (II)
SO ₃ ²⁻	Сульфит	Сернистоокислый	Na ₂ SO ₄	Сульфит натрия
SO ₄ ²⁻	Сульфат	Серноокислый	CuSO ₄	Сульфат меди (II)
NO ₂ ⁻	Нитрит	Азотистоокислый	KNO ₂	Нитрит калия
NO ₃ ⁻	Нитрат	Азотноокислый	KNO ₃	Нитрат калия
CN ⁻	Цианид	Цианистый	KCN	Цианид калия
NCS ⁻	Тиоцианат	Роданистый	KNCS	Тиоцианат калия
SiO ₃ ²⁻	Силикат	Кремнеокислый	Na ₂ SiO ₃	Силикат натрия
CO ₃ ²⁻	Карбонат	Углекислый	CaCO ₃	Карбонат кальция
PO ₄ ³⁻	Фосфат	Фосфорноокислый	K ₃ PO ₄	Фосфат калия
OCl ⁻	Гипохлорит	Хлорноватистоокислый	NaOCl	Гипохлорит натрия
ClO ₃ ⁻	Хлорат	Хлорноватоокислый	KClO ₃	Хлорат калия
ClO ₄ ⁻	Перхлорат	Хлорноокислый	KClO ₄	Перхлорат калия
MnO ₄ ⁻	Перманганат	Марганцевоокислый	KMnO ₄	Перманганат калия
CrO ₄ ²⁻	Хромат	Хромовоокислый	Na ₂ CrO ₄	Хромат натрия
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Дихромат	Двуххромовоокислый	K ₂ Cr ₂ O ₇	Дихромат калия
AsO ₄ ³⁻	Арсенат	Мышьяковоокислый	Na ₃ AsO ₄	Арсенат натрия
MoO ₄ ²⁻	Молибдат	Молибденовоокислый	(NH ₄) ₂ MoO ₄	Молибдат аммония
TiO ₃ ²⁻	Титанат	Титановоокислый	K ₂ TiO ₃	Титанат калия

Аквариумист может встретиться с двойными солями, например, с алюмокалиевыми квасцами (сульфатом калия-алюминия) $KAl(SO_4)_2$, при диссоциации которых образуются катионы двух металлов:

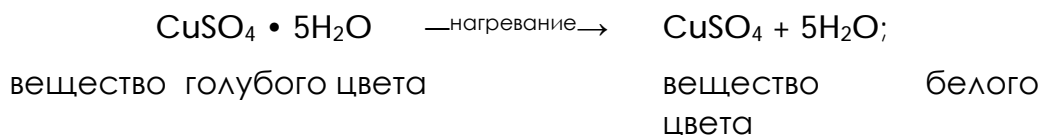


Наконец, надо сказать еще об одной разновидности солей. Это — кристаллогидраты, вещества, удерживающие воду в твердом состоянии. Многие

читатели наверняка знакомы с таким соединением как медный купорос. Он относится к кристаллогидратам: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (точка в формуле означает химическое соединение воды с солью). При растворении, вода отщепляется от сульфата меди (II), и он диссоциирует на ионы как обычная соль:



При нагревании кристаллогидратов вода отщепляется от них:



Многие вещества (не только соли, но и некоторые кислоты) чаще встречаются в виде кристаллогидратов. При использовании этих соединений для приготовления растворов многие делают ошибку в расчетах, не учитывая воду, входящую в состав вещества. Как надо правильно делать расчёт, мы покажем на примере.

Пример. Для приготовления раствора требуется 12 г сульфата меди (II) CuSO_4 . Рассчитайте массу кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, который может заменить требуемый сульфат меди (II).

Решение. Рассчитываем молярную массу сульфата меди (II):

$$\begin{aligned} M_r(\text{CuSO}_4) &= A_r(\text{Cu}) + A_r(\text{S}) + 4A_r(\text{O}); \\ M_r(\text{CuSO}_4) &= 64 + 32 + 4 \cdot 16 = 160. \end{aligned}$$

Молярная масса равна: $M(\text{CuSO}_4) = 160$ г/моль. Для кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (кр) получаем:

$$\begin{aligned} M_r(\text{кр}) &= M_r(\text{CuSO}_4) + 5 \cdot M_r(\text{H}_2\text{O}); \\ M_r(\text{кр}) &= 160 + 5 \cdot 18 = 250. \end{aligned}$$

Следовательно, молярная масса кристаллогидрата будет равна: $M_r(\text{кр}) = 250$ г/моль.

Массу требуемого кристаллогидрата можно рассчитать, используя соотношение:

$$\frac{m(\text{кр})}{m(\text{CuSO}_4)} = \frac{M(\text{кр})}{M(\text{CuSO}_4)} ;$$

Отсюда получаем:

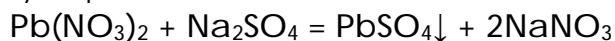
$$\begin{aligned} m(\text{кр}) &= \frac{M(\text{кр}) \cdot m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} ; \\ m(\text{кр}) &= \frac{250 \cdot 12 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 18,75 \text{ г}. \end{aligned}$$

Таким образом, для приготовления раствора вместо 12 г CuSO_4 необходимо взять 18,75 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. При этом надо учесть, что воды в качестве растворителя надо взять меньше на 18,75 г — 12 г = 6,75 г.

При использовании различных электролитов в качестве добавок в аквариумную воду (также при изготовлении лечебных растворов, удобрений и других растворов) необходимо знать растворимость веществ в воде. Растворимость можно определить по справочникам, а в

простейших случаях удобно пользоваться таблицей растворимости солей и оснований в воде (табл. 4).

Анализируя табл. 4 следует обратить внимание на вещества, напротив которых стоит символ «н» (практически нерастворимые). Не следует понимать, что эти вещества вообще не растворяются в воде. Рассмотрим, например, сульфат свинца $PbSO_4$, относящийся к группе малорастворимых соединений. Действительно, если вы возьмете достаточно концентрированные растворы хорошо растворимых солей $Pb(NO_3)_2$ и Na_2SO_4 и сольете вместе, то образуется осадок, состоящий из сульфата свинца:



Однако небольшая часть $PbSO_4$ остается в растворе: в 100 мл воды может растворяться 4,55 мг этой соли — достаточно, чтобы оказывать существенное влияние на обитателей аквариума и гидрохимические процессы в нем.

Таблица 4: Растворимость солей и оснований в воде

Катионы	Анионы													
	OH ⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CO ₃ ²⁻	SiO ₃ ²⁻	CH ₃ COO ⁻	
Ag ⁺	-	р	н	н	н	н	н	м	р	н	н	н	р	
Al ³⁺	н	м	р	р	р	-	-	р	р	н	-	н	м	
Ba ²⁺	р	м	р	р	р	р	н	н	р	н	н	н	р	
Ca ²⁺	м	н	р	р	р	м	н	м	р	н	н	н	р	
Cd ²⁺	н	р	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н	р	
Co ²⁺ , Ni ²⁺	н	р	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н	р	
Cr ³⁺	н	н	р	р	р	-	-	р	р	н	-	н	р	
Cu ²⁺	н	н	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н	р	
Fe ²⁺	н	н	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н	р	
Fe ³⁺	н	н	р	р	р	-	-	р	р	н	н	н	р	
Hg ²⁺	-	-	р	м	н	н	н	р	р	н	н	-	р	
Mg ²⁺	м	н	р	р	р	р	н	р	р	н	н	н	р	
Mn ²⁺	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н	р	
Na ⁺ , K ⁺	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	
NH ₄ ⁺	-	р	р	р	р	-	р	р	р	р	р	-	р	
Pb ²⁺	н	н	м	м	н	н	н	н	р	н	н	н	р	
Sn ²⁺	н	р	р	р	р	н	-	р	-	н	-	-	р	
Zn ²⁺	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н	р	

Примечание: р — растворимое вещество (в 100 г воды более 1 г вещества), м — мало растворимое вещество (в 100 г воды растворяется от 0,1 г до 1 г вещества), н — практически нерастворимое вещество (в 100 г воды растворяется менее 0,1 г вещества). Символ «-» означает, что вещество не существует или разлагается водой.

Растворяясь в очень небольшой степени, малорастворимые (и «практически нерастворимые») вещества быстро образуют насыщенный раствор и практически полностью диссоциируют на ионы. Для характеристики растворимости таких веществ используется величина, называемая **произведением растворимости (ПР)**, которая представляет собой произведение концентраций ионов (в моль/л) в насыщенном растворе данной соли. Например, для хлорида свинца $PbCl_2$ ($PbCl_2 = Pb^{2+} + 2Cl^-$) произведение растворимости запишется так:

$$ПР(PbCl_2) = c(Pb^{2+}, \text{нас}) \cdot c(Cl^-, \text{нас})$$

где $c(Pb^{2+}, \text{нас})$ и $c(Cl^-, \text{нас})$ — концентрации ионов в моль/л в насыщенном растворе $PbCl_2$.

Оказывается, что при данной температуре произведение растворимости малорастворимого электролита есть постоянная величина. Значения ПР ряда веществ, соответствующие температурным условиям аквариума (20—25°C), приведены в табл. 5.

Таблица 5: Произведение растворимости и растворимость солей и оснований в воде

Формула вещества	Название вещества	ПР	Растворимость в мг в 100г воды
AgCl	Хлорид серебра	$1,6 \cdot 10^{-10}$	0,186
Al(OH) ₃	Гидроксид алюминия	$4,9 \cdot 10^{-33}$	$2,26 \cdot 10^{-5}$
BaSO ₄	Сульфат бария	$1,1 \cdot 10^{-10}$	0,233
Cu(OH) ₂	Гидроксид меди (II)	$5,6 \cdot 10^{-20}$	0,00234
CuS	Сульфид меди (II)	$8,5 \cdot 10^{-45}$	$8,8 \cdot 10^{-19}$
Fe(OH) ₂	Гидроксид железа (II)	$6,3 \cdot 10^{-16}$	0,045
Fe(OH) ₃	Гидроксид железа (III)	$3,8 \cdot 10^{-39}$	$2,03 \cdot 10^{-5}$
FeS	Сульфид железа (II)	$3,8 \cdot 10^{-19}$	$5,36 \cdot 10^{-6}$
Mg(OH) ₂	Гидроксид магния	$5,0 \cdot 10^{-12}$	0,642
MgCO ₃	Карбонат магния	$1,0 \cdot 10^{-5}$	27,0
PbCl ₂	Хлорид свинца	$2,4 \cdot 10^{-4}$	1080,0
PbSO ₄	Сульфат свинца	$2,2 \cdot 10^{-8}$	4,55
CaSO ₄	Сульфат кальция	$6,3 \cdot 10^{-5}$	135,0
CaCO ₃	Карбонат кальция	$4,8 \cdot 10^{-9}$	0,694

С помощью произведения растворимости решается такой вопрос, как возможность образования осадка. Например, если в растворе создать концентрацию ионов Pb^{2+} и Cl^- такую, что будет выполняться условие

$$c(Pb^{2+}, \text{нас.}) \cdot c(Cl^-, \text{нас.}) > ПР(PbCl_2),$$

то соль $PbCl_2$ будет выпадать в осадок. Если

$$c(Pb^{2+}, \text{нас.}) \cdot c(Cl^-, \text{нас.}) < ПР(PbCl_2),$$

то осадок соли выпадать не будет.

Рассмотрим еще один пример из аквариумной практики. Для хорошего роста некоторых водных растений надо создать в аквариумной воде концентрацию ионов железа 0,2 мг/л, что соответствует молярной концентрации ионов $3,57 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Каким соединением железа воспользоваться для этого: сульфатом железа (II) FeSO_4 или сульфатом железа (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$? Здесь надо учитывать возможность образования в сильно разбавленном растворе гидроксидов $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и выпадения их в осадок.

В воде, как мы уже отмечали, справедливо следующее соотношение (ионное произведение воды):

$$c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14}.$$

причем, из уравнения диссоциации воды $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$ следует, что $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$. Получаем $c(\text{OH}^-) = (10^{-14})^{1/2} = 10^{-7}$ моль/л — такова концентрация гидроксид-ионов в воде.

Теперь предположим, что мы внесли в воду FeSO_4 в таком количестве, что концентрация ионов Fe^{2+} стала равной $3,57 \cdot 10^{-7}$ моль/л (что необходимо для подкормки растений). Найдем произведение:

$$c(\text{Fe}^{2+}) \cdot [c(\text{OH}^-)]^2 = 3,57 \cdot 10^{-6} \cdot (10^{-7})^2 = 3,57 \cdot 10^{-20} < \text{ПР} [\text{Fe}(\text{OH})_2],$$

следовательно, гидроксид не будет выпадать в осадок. Если вместо FeSO_4 воспользоваться сульфатом железа (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, то для $\text{Fe}(\text{OH})_3$ мы получим:

$$c(\text{Fe}^{2+}) \cdot [c(\text{OH}^-)]^3 = 3,57 \cdot 10^{-6} \cdot (10^{-7})^3 = 3,57 \cdot 10^{-27} > \text{ПР}[\text{Fe}(\text{OH})_3],$$

т. е. будет выпадать в осадок гидроксид $\text{Fe}(\text{OH})_3$, и требуемая концентрация ионов железа в растворе не может быть достигнута. Таким образом, на основании представления о произведении растворимости мы смогли сделать вывод о том, какую соль железа лучше использовать для удобрения аквариумных растений.

КИСЛОТА ИЛИ ЩЕЛОЧЬ?

Рассказывая об электролитах, мы уже упоминали понятие «кислота» и «щелочь». Отличительная особенность кислот — создание в растворе повышенной концентрации ионов водорода H^+ (за счет электролитической диссоциации). Именно эти ионы придают кислый вкус растворам и обуславливают целый ряд других свойств. Чем больше в растворе ионов водорода, тем более кислой будет вода. Главная особенность щелочей — увеличенное по сравнению с чистой водой содержание гидроксид-ионов OH^- . Чем выше концентрация этих ионов, тем более щелочным является раствор.

Можно ли количественно оценить кислотные и щелочные свойства воды и этих растворов? Можно. Удобнее всего использовать для этого **водородный показатель**, который в аквариумной литературе иногда называют показателем активной реакции воды. Водородный показатель обозначают символом рН. Его легко вычислить, если известна молярная концентрация ионов водорода в растворе $c(\text{H}^+)$ (в моль/л). Тогда

$$\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)(7)$$

т. е. водородный показатель — это десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода, взятый со знаком «минус».

Чему равен водородный показатель в чистой воде? Его легко рассчитать, если воспользоваться рассмотренным нами понятием «ионное произведение воды». Как было сказано, в чистой воде концентрации ионов H^+ и OH^- равны, т. е. $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$. Учитывая, что $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14}$ (см. формулу б), получаем:

$$c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = (10^{-14})^{1/2} = 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

Теперь можно рассчитать водородный показатель

$$\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+); \text{pH} = -\lg 10^{-7} = 7.$$

Таким образом, в чистой воде значение водородного показателя равно 7. Водная среда с таким значением pH называется **нейтральной**.

Теперь предположим, что в воду добавили кислоту, например, соляную HCl. Кислота диссоциирует на ионы:



Из уравнения следует, что в растворе увеличивается концентрация ионов H^+ , причем тем сильнее, чем больше мы добавим кислоты. Следует отметить, что концентрация ионов OH^- при этом уменьшается за счет образования воды из ионов:



Как изменится pH при этом? Очевидно (см. формулу 7), что pH будет уменьшаться, причем он будет тем меньше, чем больше концентрация кислоты. Таким образом, в кислой среде значение pH меньше 7.

Если в воде растворить щелочь, например, NaOH, то в результате процесса диссоциации



в растворе увеличится концентрация ионов OH^- . Учитывая, что произведение $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$ должно оставаться постоянным (ионное произведение воды), делаем вывод: концентрация ионов H^+ падает, а pH растет, т. е. становится больше 7. На рис. 3 показана шкала pH в водных растворах.



Рис. 3. Шкала pH в водных растворах

В аквариумной литературе различные интервалы pH получили следующие названия: pH < 3 — сильно — кислая вода; pH 3—5 — кислая; pH 5—6 — слабокислая; pH 6—7 — очень слабокислая; pH 7 — нейтральная; pH 7—8 — очень слабощелочная; pH 8—9 — слабощелочная; pH 9—10 щелочная и pH > 10 — сильнощелочная.

Пример. Водородный показатель воды в двадцатилитровом аквариуме равен 7. Рассчитайте объем 0,5% —ной соляной кислоты, которую надо внести в воду, чтобы pH стал равным 6. Плотность раствора кислоты принять равным 1 г/л.

Решение. Определяем концентрацию ионов H^+ в воде, которую надо приготовить. Используя формулу (7), получаем:

$$c(\text{H}^+) = 10^{-\text{pH}}; c(\text{H}^+) = 10^{-6} \text{ моль/л.}$$

Т, к. при диссоциации одной молекулы кислоты образуется один ион водорода ($\text{HCl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$), можно считать, что концентрация кислоты, которую надо создать в растворе, должна быть равна концентрации ионов водорода: $c(\text{HCl}) = c(\text{H}^+) = 10^{-6} \text{ моль/л}$ (концентрацией ионов водорода, образующихся при диссоциации воды, можно пренебречь),

По формулам (4) и (5) определяем массу HCl, которая должна содержаться в растворе:

$$m(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V \cdot M(\text{HCl}); m(\text{HCl}) = 10^{-6} \text{ моль/л} \cdot 20 \text{ л} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 7,3 \cdot 10^{-4} \text{ г.}$$

Рассчитываем массу 0,5% — ного раствора кислоты, в котором содержится $7,3 \cdot 10^{-4}$ г HCl. По формуле (2):

$$m = \frac{m(\text{HCl}) \cdot 100}{w(\text{HCl})} ; \quad m = \frac{7,3 \cdot 10^{-4} \text{ г} \cdot 100}{0,5} = 0,146 \text{ г.}$$

Наконец, зная, что плотность раствора равна 1 г/мл, определяем, что в аквариум надо внести 0,146 мл 0,5% —наго раствора HCl.

Следует отметить, приведенный расчет справедлив лишь для совершенно чистой воды. Например, если в аквариум налить дистиллированную воду, то, внеся рассчитанное количество кислоты, можно достичь требуемого значения pH. Если в аквариуме используется водопроводная вода или вода из природных водоемов, в которых растворены различные соединения, внесение рассчитанного количества кислоты не приведет к желаемому сдвигу pH. В ряде случаев необходимое изменение pH не достигается даже при внесении кислоты в десятикратном размере по сравнению с рассчитанным количеством. Это происходит потому, что вода с растворенными в ней веществами обладает буферными свойствами, т. е. является **буферным раствором**.

Буферные растворы — это такие растворы, pH которых почти не зависит от разбавления и почти не меняется при добавлении к ним небольших количеств кислот и щелочей. Наиболее распространенные буферные растворы содержат, как правило, слабую кислоту (CH_3COOH , H_2CO_3 , H_3PO_4 и др.) и соль этой же кислоты. Например, буферными свойствами обладают смеси кислых и средних солей одной кислоты или смеси двух кислых солей, например $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3, \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$. Смеси небольших равных количеств NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4 (или соответствующих калиевых солей) позволяют поддерживать реакцию воды, близкую к нейтральной (pH в интервале от 6,5 до 7,5).

Так называемый аммиачный буфер образует водный раствор аммиака и какая-нибудь соль аммония: $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$. Буферные свойства аквариумной воды обусловлены содержанием в ней углекислоты H_2CO_3 и ее кислых солей $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Буферные растворы находят применение в тех случаях, когда надо поддерживать определенное значение pH. Они могут быть использованы аквариумистами при лечении рыб, обеззараживании водной растительности, при борьбе с вредителями аквариума, проведении химического анализа аквариумной воды и т. д. О приготовлении буферных растворов можно прочитать в литературе по аналитической химии (см. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1979).

Какова кислотность воды, в которой могут жить рыбы и водные растения? Жизнь в воде возможна в довольно широком интервале pH: некоторые микроорганизмы могут существовать в сильнокислой и сильнощелочной среде. В природных водоемах значение pH колеблется в интервале от 3,2 до 10,5. Если говорить об аквариумных рыбах, то интервал pH, пригодный для их содержания, несколько уже. В табл. 6 приведены значения pH некоторых природных водоемов в различных частях света. Во всех перечисленных водоемах водятся рыбы, представляющие интерес для аквариумистов.

Таблица 6: Кислотность воды в некоторых природных водоемах.

Название водоема	Место расположения водоема	Интервал значений pH
р. Маморе	Ю. Америка: Боливия	6,0—8,0
р. Чучунак	Ц. Америка: Панама	7,0—7,4
р. Ярдайн	Австралия: п-ов Кейп-Йорк	5,2—6,6
оз. Танганьика	Африка: Танзания, Заир	8,7—9,0
р. Ньонг	Африка: Камерун	5,7—6,2
р. Верде	С. Америка: Мексика	6,9—7,3
р. Борай Пет	Азия: Таиланд	5,8—6,8

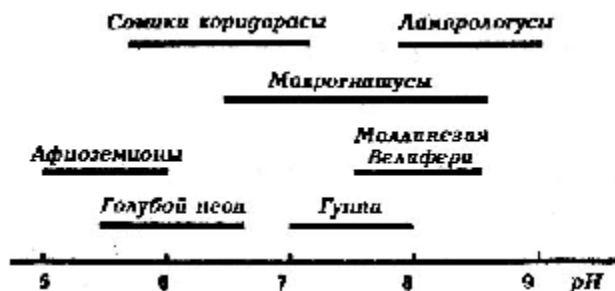


Рис. 4. Интервалы pH, в которых могут жить некоторые аквариумные рыбы

Итак, для многих аквариумных рыб подходит pH от 5 до 9. Однако для различных видов наиболее благоприятный интервал кислотности еще уже. На рис. 4 показаны интервалы pH, в которых оптимально чувствуют себя различные представители аквариумной ихтиофауны. Рыбы достаточно хорошо адаптируются к изменению внешних условий, в том числе и к кислотности в достаточно широких интервалах. Такая адаптация происходит наиболее полно при выращивании в воде определенного состава нескольких поколений рыб. Поэтому возможно содержание, а иногда и разведение рыб, при значениях pH, которые выходят за рамки приведенных на рис. 4 интервалов, хотя наилучшие результаты достигаются при определенном значении водородного показателя. На рис. 5 показана экспериментально установленная зависимость успешного спаривания петушков (*Betta splendens*) от кислотности воды. Наилучшие результаты были получены при значении pH близком к 7.

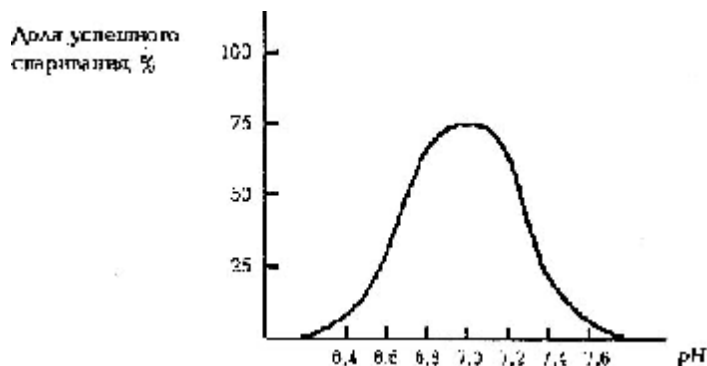


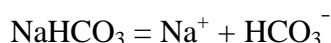
Рис. 5. Зависимость доли успешных спариваний петушков от pH

Если вы приобрели новых аквариумных рыб, то желательно создать им условия, к которым они привыкли. Для этого бывает необходимо изменить pH аквариумной воды. Если надо повысить кислотность (уменьшить pH), можно воспользоваться кислотами. Лучше всего применять уксусную и фосфорную кислоты. Можно использовать серную и соляную кислоты, однако с большой осторожностью, т. к. при передозировке произойдет резкое изменение pH. В качестве

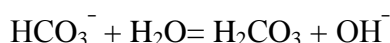
веществ, дающих кислую реакцию, используют дигидрофосфаты калия, натрия или кальция: KH_2PO_4 , NaH_2PO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Иногда для подкисления воды применяют настой или отвар торфа, ольховых шишек, которые содержат органические кислоты.

Щелочность можно поднять (увеличить pH), используя растворы щелочей (NaOH , KOH), однако лучше воспользоваться солями, имеющими щелочную реакцию: пищевой содой или гидрокарбонатом натрия NaHCO_3 , содой или карбонатом натрия Na_2CO_3 .

Может возникнуть вопрос, почему некоторые соли (например, указанные здесь NaHCO_3 и Na_2CO_3) используются для изменения pH? Оказывается, водные растворы ряда солей имеют щелочную или кислую реакцию вследствие **гидролиза соли**, т. е. взаимодействия ее с водой. Например, соль NaHCO_3 в воде диссоциирует на ионы:

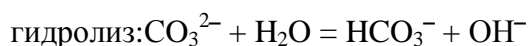


Кислотный остаток слабой угольной кислоты HCO_3^- взаимодействует с водой:



в результате чего в воде накапливаются гидроксидионы OH^- , обеспечивающие щелочные свойства этой соли.

Аналогичные процессы протекают в растворе Na_2CO_3 :



причем во втором примере гидролиз протекает в большей степени, чем в случае NaHCO_3 . Поэтому из растворов двух солей (NaHCO_3 и Na_2CO_3) последний будет обладать более высоким значением pH.

Изменение кислотности воды проводят очень осторожно: небольшое количество вещества надо растворить в воде из аквариума (1—3 л) и полученный раствор добавлять при перемешивании небольшими порциями. Для рыб безопасно изменение pH не более чем на 0,2 единицы в течение часа.

Часто можно наблюдать такое явление, что первоначально удается изменить кислотность аквариумной воды, однако довольно быстро (иногда уже через сутки) pH принимает прежнее значение. Это говорит об устойчивом равновесном состоянии аквариумной системы. Чтобы изменить кислотность воды в таком аквариуме, придется провести в нем более значительные изменения: заменить грунт, поменять воду, уменьшить число рыб. В аквариумах, так же как и в природных водоемах, кислотность не остается постоянной: измеренные значения pH могут оказаться различными в разное время суток, при изменении внешних условий (а в природных водоемах — в различное время года). С чем связаны такие колебания pH? Одна из важнейших причин, влияющих на кислотность аквариумной воды — изменение содержания в воде углекислого газа, который хорошо растворяется в ней с образованием угольной кислоты:



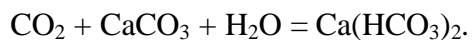
Эта кислота диссоциирует с образованием ионов водорода, обуславливающих кислую реакцию воды:



Можно назвать три основных источника углекислого газа в аквариуме: растворение его из воздуха, с которым контактирует вода (или которым продувается аквариум); выделение при дыхании рыб и других животных; выделение углекислоты водными растениями в ночное время. Изменение pH, связанное с CO_2 , может быть достаточно сильным. Например, если в помещении в

открытой банке оставить дистиллированную воду, то ее pH обычно принимает значение 5,7— 5,8. Если воду специально насытить углекислым газом, то можно достигнуть pH 4,8.

Если содержание углекислого газа в воде уменьшается, то pH растет (т. е. кислотность уменьшается). Такие процессы могут происходить под воздействием растений, которые на свету поглощают CO₂ из воды. Если грунт аквариума содержит карбонаты (CaCO₃, CaCO₃), то они также реагируют с растворенным CO₂, поглощая его из воды и подщелачивая ее:



Существует еще один фактор, оказывающий существенное влияние на кислотность аквариумной воды. В аквариуме всегда имеются бактерии Nitrosomonas, участвующие в разложении азотсодержащих H₂O остатков, выделяемых рыбами. В процессе жизнедеятельности бактерий выделяются ионы водорода H⁺, и происходит подкисление воды. Особенно интенсивно этот процесс идет при использовании аквариумных фильтров. Подкисление воды будет тем сильнее, чем больше рыб, выделяющих соединения азота, содержится в аквариуме.

Процессы, влияющие на кислотность аквариумной воды, представлены на рис. 6.

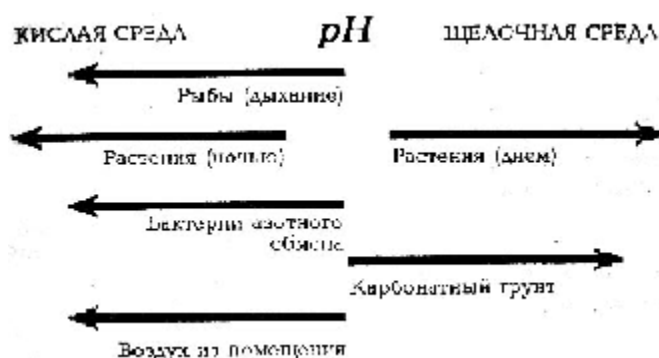


Рис. 6 Влияние различных факторов на кислотность воды в аквариуме

Изменения кислотности воды в аквариуме (особенно резкие) и смещение pH за пределы оптимальных интервалов нежелательны, т. к. могут привести к заболеванию рыб. При этом рыбы «чешутся» о грунт и растения, ведут себя беспокойно, при плавании совершают рывки, выпрыгивают из воды. При появлении этих симптомов необходимо нормализовать значение pH в аквариуме.

Чтобы не происходило резких колебаний кислотности аквариумной воды, не следует перенаселять аквариум рыбами, растениями и другими обитателями. Рекомендуется регулярно (еженедельно) подменивать воду и постоянно контролировать pH.

Для измерения кислотности воды в аквариуме используют **индикаторы** — вещества, которые изменяют окраску в зависимости от pH. Например, индикатор метиловый оранжевый в растворе кислоты приобретет красный цвет, а в растворе щелочи — желтый. Фенолфталеин в растворе щелочи окрашивается в малиновый цвет, а в кислоте он бесцветен. Такие индикаторы позволяют определить, является ли раствор кислым или щелочным.

Чтобы определить значение pH раствора, можно использовать специальную индикаторную бумагу. Эта бумага пропитана смесью различных индикаторов. Значение pH устанавливается путем сравнения цвета бумаги, смоченной исследуемой водой, со стандартной цветной шкалой. Точность определения pH при помощи такой бумаги невелика: обычно она составляет 0,3— 0,5 единиц pH. При отсутствии навыка в использовании индикаторной бумаги ошибка может быть велика,

Значительно точнее позволяет измерить водородный показатель набор Н. И. Алямовского, который также основан на сравнении цветов. При этом цвет исследуемой воды с добавленным индикатором сравнивается с окраской стандартных растворов, находящихся в запаянных ампулах. Набор позволяет определить pH с точностью 0,1—0,2 единиц pH, что вполне достаточно для

любителя — аквариумиста. Разнообразные наборы для определения pH предлагают иностранные и отечественные фирмы.

Наиболее точным методом определения pH аквариумной воды является использование электронных приборов — pH-метров. На рис. 7 показана принципиальная схема измерения. В стакан с исследуемым раствором (1) погружают два электрода, входящие в комплект pH-метра: стеклянный электрод (2) и хлорсеребряный электрод сравнения (3). Электроды соединены с pH-метром (4): электрический сигнал с них поступает в прибор. Между стеклянным электродом и электродом сравнения возникает разность потенциалов E , которая связана со значением водородного показателя. pH-метр построен по принципу вольтметра с высоким входным сопротивлением: он измеряет значение разности потенциалов E . Шкала прибора отградуирована в единицах pH. Электронные pH-метры, если они хорошо настроены, позволяют измерять водородный показатель с точностью 0,01 — 0,1 единицы pH, а иногда и выше (в зависимости от марки прибора).

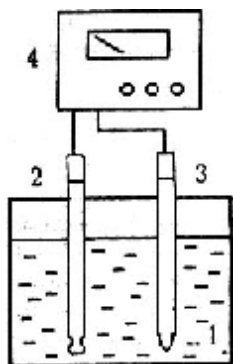


Рис.7.Схема измерения pH при помощи pH-метра

НУЖНА ЛИ МЯГКАЯ ВОДА?

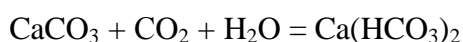
Всем хорошо известно, что если в воду поместить кусочек мыла и размешать, то образуется пена. В воде из различных источников этот процесс происходит по-разному. Иногда образование пены происходит очень быстро, она обильна и удерживается долго. Такая вода называется **мягкой**. Бывает, что пена образуется с большим трудом и только при внесении большого количества мыла. Это происходит в так называемой **жесткой** воде. Термины «мягкая» и «жесткая» вода отражают свойство воды, играющее важную роль в аквариумном рыбоводстве. Это жесткость воды.

Жесткость воды обусловлена растворенными в ней солями кальция и магния: чем больше в воде растворенных соединений, тем она жестче. Самая мягкая вода вообще не содержит растворенных солей кальция и магния. В природных водоемах такая вода не встречается. Получить воду, практически не содержащую солей, можно различными способами, например, путем перегонки, или дистилляции. Этот метод основан на следующем: вода при кипячении испаряется, пары улавливаются, конденсируются (т. е. вновь превращаются в жидкость) и, таким образом, образуется вода с пониженным содержанием растворенных веществ. Более подробно о способах удаления растворенных солей из воды будет рассказано в главе, которая посвящена подготовке воды для аквариума.

Какие же вещества обуславливают жесткость воды? Это карбонаты — соли кальция и магния: CaCO_3 и CaCO_3 гидрокарбонаты $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, сульфаты CaSO_4 и MgSO_4 , хлориды CaCl_2 и MgCl_2 . Набор веществ, содержащихся в воде, может быть самым различным, что обусловлено геологическими особенностями той местности, где расположен водоем.

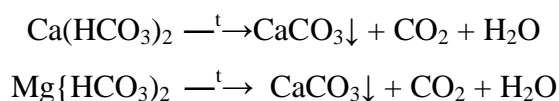
Карбонаты кальция и магния относятся к веществам, которые очень мало растворяются в воде: при температуре 20°C в 1 л может раствориться 7 мг CaCO_3 и 270 мг CaCO_3 . Однако этого достаточно, чтобы сделать воду жесткой.

Растворимость карбонатов кальция и магния существенно возрастает в присутствии углекислого газа, а этот газ, как известно, содержится в воздухе, который обычно пропускают через аквариум; его выделяют при дыхании рыбы и другие животные. В присутствии CO_2 протекают реакции:



В результате образуются хорошо растворимые в воде гидрокарбонаты кальция и магния. Как правило, именно эти соли, а не карбонаты, содержатся в жесткой воде.

Для жесткой воды обычно различают **временную, или карбонатную, и постоянную, или некарбонатную, жесткость**. Первая обусловлена присутствием в воде $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Временной жесткость называется потому, что при кипячении гидрокарбонаты разлагаются, и образующиеся карбонаты кальция и магния в значительном количестве выпадают в осадок:



Выпадающий осадок образует так называемую накипь на стенках посуды, в которой кипятится вода. За счет кипячения и удаления гидрокарбонатов из воды она умягчается.

Постоянная жесткость обусловлена присутствием в воде сульфатов, хлоридов и некоторых других солей кальция и магния, которые не удаляются при кипячении. Сумма временной и постоянной жесткости дает **общую жесткость** воды.

Для количественной характеристики жесткости можно использовать значение концентрации ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в воде в мг/л, однако в литературе по аквариумистике наибольшее распространение получили другие единицы жесткости.

В России и странах СНГ для выражения жесткости воды используются миллиграмм-эквиваленты (миллиэквиваленты) ионов кальция и магния, содержащиеся в 1 л воды². Одному миллиграмм-эквиваленту в литре (мг-эquiv/л) соответствует содержание в воде 20,04 мг/л Ca^{2+} или 12,16 мг/л Mg^{2+} , т. е. жесткость в мг-эquiv/л (Ж) может быть рассчитана по формуле:

$$\text{Ж} = \frac{x(\text{Ca}^{2+})}{20,04} + \frac{x(\text{Mg}^{2+})}{12,16} \quad (9)$$

где $x(\text{Ca}^{2+})$ и $x(\text{Mg}^{2+})$ — концентрация в мг/л ионов кальция и магния соответственно.

В аквариумной практике обычно выражают жесткость в так называемых немецких градусах. Один градус жесткости по этой шкале соответствует содержанию в 100 000 г воды 1 г оксида кальция CaO или 0,719 г оксида магния MgO . Для выражения жесткости в немецких градусах надо пересчитывать концентрацию ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} на концентрацию CaO и MgO по отношению молярных масс. Проведя такой расчет, легко получить, что 1 градус жесткости соответствует содержанию в воде 7,15 мг/л ионов Ca^{2+} или 4,34 мг/л ионов Mg^{2+} . Жесткость, выраженную в градусах, в дальнейшем мы будем обозначать символом dGH (в литературе встречаются различные обозначения: dH, GH, dGH и др.). В соответствии с вышеизложенным для расчета жесткости в градусах можно использовать формулу:

$$\text{dGH} = \frac{x(\text{Ca}^{2+})}{7,15} + \frac{x(\text{Mg}^{2+})}{4,34} \quad (10)$$

Как уже отмечалось раньше, общая жесткость dGH складывается из временной жесткости (обозначение dKH) и постоянной жесткости (dNKH), поэтому можно записать:

$$\text{dGH} = \text{dKH} + \text{dNKH}. \quad (11)$$

² Прим. В связи с принятием международной системы единиц СИ понятия «грамм-эквивалент» и «миллиграмм-эквивалент» были отменены. Однако, поскольку они все еще часто встречаются в литературе по аквариумистике и гидрохимии, мы сочли возможным использовать их в данной книге.

Если известна жесткость в мг-экв/л (Ж), то, используя переходной коэффициент, можно перейти к жесткости в градусах (dGH) и наоборот. Формулы для перерасчета выглядят так:

$$dGH = 2,804 \cdot Ж \quad (12)$$

$$Ж = 0,35663 \cdot dGH. \quad (13)$$

Кроме единиц жесткости, о которых мы рассказали, существуют также французские, английские и американские градусы жесткости, которые встречаются в литературе, особенно в той, которая издается в этих странах. Французский градус соответствует содержанию 10 мг карбоната кальция $CaCO_3$ в 1 л воды; английский — 1 грана (0,06482 г) $CaCO_3$ в 1 галлоне (4,546 л) воды; американский градус — 1 мг $CaCO_3$ в 1 л воды. Перейти от этих способов выражения жесткости воды к Ж (мг-экв/л) или к dGH можно, используя переходные коэффициенты, приведенные в табл. 7. Надо заметить, что существование различных единиц жесткости часто приводит к ошибкам в литературе и в любительских рекомендациях. Поэтому аквариумистам надо внимательно следить за тем, в каких единицах выражена жесткость воды.

Таблица 7 Соотношения между различными способами выражения жесткости воды

Единицы, в которых выражена жесткость	Коэффициенты (множители) для перевода жесткости	
	в мг-экв/л (Ж)	в немецкие градусы (dGH)
Французские градусы	0,19982	0,5603
Английские градусы	0,28483	0,7987
Американские градусы	0,01998	0,0560

Приведем пример расчета жесткости воды по приведенным выше формулам.

Пример. В 2 л воды растворено 50,1 мг ионов кальция и 60,8 мг ионов магния. Определите жесткость воды в мг-экв/л и в немецких градусах.

Решение. Вначале рассчитаем массовую концентрацию в мг/л (формула 3) ионов кальция и магния:

$$x(Ca^{2+}) = \frac{m(Ca^{2+})}{V}; \quad x(Ca^{2+}) = \frac{50,1}{2 \text{ л}} = 25,05 \text{ мг/л.}$$

$$x(Mg^{2+}) = \frac{m(Mg^{2+})}{V}; \quad x(Mg^{2+}) = \frac{60,8}{2 \text{ л}} = 30,4 \text{ мг/л.}$$

Используя формулу (9), рассчитываем жесткость воды в мг-экв/л;

$$Ж = \frac{x(Ca^{2+})}{20,04} + \frac{x(Mg^{2+})}{12,16};$$

$$Ж = \frac{25,05}{20,04} + \frac{30,04}{12,16} = 1,25 + 2,5 = 3,75 \text{ мг-экв/л.}$$

По формуле (10) можно рассчитать жесткость, выраженную в немецких градусах:

$$dGH = \frac{x(\text{Ca}^{2+})}{7,15} + \frac{x(\text{Mg}^{2+})}{4,34};$$

$$dGH = \frac{25,05}{7,15} + \frac{30,04}{4,34} = 3,5 + 7 = 10,5.$$

Для расчета жесткости dGH можно было величину Ж умножить на переходный коэффициент (формула 12):

$$dGH = 2,804 \cdot Ж ; dGH = 2,804 \cdot 3,75 = 10,5.$$

Аквариумную воду в зависимости от ее жесткости принято классифицировать следующим образом: очень мягкая — жесткость до 5°dGH, мягкая — 5—10°, средней жесткости (умеренно жесткая) — 10—20°, жесткая — 20—30° и очень жесткая — свыше 30°.

Какая жесткость воды в аквариуме устраивает ее обитателей? Для ответа на этот вопрос вновь обратимся к гидрохимическому режиму природных водоемов — в большинстве случаев желательно создать рыбам такие условия, в которых они или их предки жили в природе. В табл. 8 приведены сведения о жесткости воды в некоторых природных водоемах, в которых живут аквариумные рыбы.

Как видно из таблицы, жесткость в природной среде обитания аквариумных рыб изменяется в широких пределах: значение dGH меняется от 0,2° до 20° и даже больше. Большинство рыб не могут нормально существовать и развиваться в совершенно мягкой воде, т. к. им необходим кальций. При недостатке этого элемента в воде замедляется рост рыб, возникают уродства скелета у мальков. Растения плохо развиваются при недостатке как кальция, так и магния.

Размножение некоторых рыб (неоны, пециллобриконы и др.) рекомендуется проводить в очень мягкой воде. В природных водоемах эти рыбы нерестятся в период дождей, когда речная вода значительно разбавляется водой, которая практически не содержит растворенных солей и имеет слегка кислую реакцию. Однако все сказанное относится, главным образом, к карбонатной жесткости (dKH). Некарбонатная жесткость (dNKH) может оставаться достаточно высокой (несколько градусов) даже при разведении неонов и других рыб.

Для успешного содержания в аквариуме многих видов рыб необходима жесткая вода (популярные рыбы — живородящие, цихлиды из африканских озер Малави и Танганьика).

Таким образом, можно заключить, что в большинстве случаев рыбам подходит вода, содержащая определенное количество солей кальция и магния (dGH от 5 до 20°), а очень мягкая вода может использоваться, лишь как стимул к нересту для некоторых видов рыб.

Таблица 8 Жесткость воды в некоторых природных водоемах

Название водоема	Место расположения водоема	Жесткость воды, мг-экв/л	Жесткость воды, dGH
р. Амазонка (Сбидос)	<i>Южная Америка: Бразилия</i>	0,3	0,9
р. Парана	Южная Америка: Аргентина	0,6	1,6
р. Рио-Негру	Южная Америка: Бразилия	1,4	3,9
р. Рио-Гранде	Центральная Америка: Никарагуа	7,4	20,7
р. Нил (Каир)	Африка: Египет	1,5	4,2
р. Ньонг	Африка: Камерун	0,18—0,36	0,5—1,0
оз. Танганьика	Африка: Заир, Танзания	4,3—7,2	12—20
р. Борай Пет	Азия: Таиланд	0,07—0,36	0,2—1,0

Подходит ли вода из наших природных водоемов для содержания тропических аквариумных рыб и растений? В табл. 9 приведена жесткость воды в некоторых водоемах СНГ, измеренная в летний период.

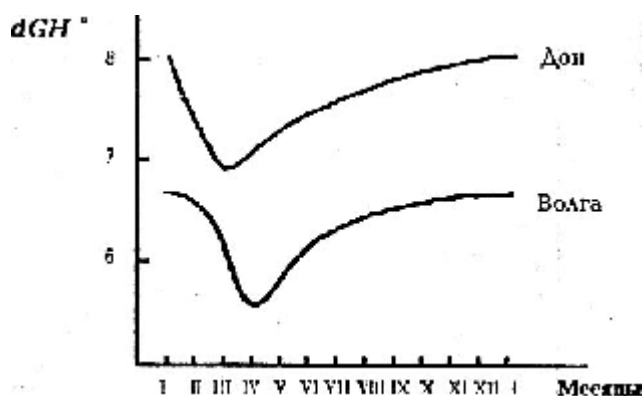
Во всех водоемах, где проводились исследования, преобладает карбонатная жесткость, поэтому при использовании воды из некоторых водоемов возникает необходимость увеличения постоянной жесткости за счет растворения солей кальция и магния (CaSO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 , MgCl_2). В Неве вода очень мягкая, для содержания большинства рыб необходимо поднять как временную, так и постоянную жесткость.

Таблица 9 Жесткость воды в некоторых водоемах СНГ

Река	Место отбора пробы воды	Общая жесткость, dGH	Карбонатная жесткость, dKH	Постоянная жесткость, dNKH
Волга	г. Старица	8,4	7,0	1,4
Волга	г. Кинешма	9,0	5,7	3,3
Москва	г. Коломна	9,8	7,4	2,4
Нева	с. Ивановское	1,4	1,4	0
Западная Двина	г. Полоцк	6,6	4,9	1,7
Днестр	г. Бендеры	15,2	8,6	6,6
Дон	г. Калач	14,0	10,4	3,6
Енисей	г. Красноярск	3,6	3,3	0,3
Северная Двина	с. Усть-Пинега	8,8	5,1	3,7
Ока	г. Калуга	14,6	11,5	3,1

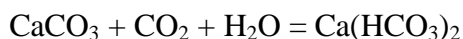
Жесткость воды в водоемах нашей страны имеет значительные сезонные колебания. На рис. 8 показаны сезонные колебания значения dGH для двух рек СНГ. Обычно максимальное значение жесткости воды можно наблюдать в период зимней межени (январь — март). Во время весеннего паводка наблюдается резкое падение **dGH**. Летом и осенью жесткость воды постоянно возрастает и достигает максимума к зиме. Сезонные колебания жесткости воды следует учитывать при периодической подмене воды в аквариуме. Особенно осторожным аквариумисту надо быть в

период весеннего паводка. В это время следует отказаться от замены большого количества воды. Кроме резкого изменения жесткости, существует опасность внесения в аквариум нежелательных веществ, которые попадают в водоемы с тальми водами.



**Рис. 8.Сезонное изменение жесткости в водоемах России:
1 — р. Волга (г. Ржев), 2 — р. Дон (ст-ца Раздольская)**

В процессе эксплуатации аквариума жесткость воды в нем несколько изменяется в ту или другую сторону. Например, если грунт содержит карбонатные породы (известняк, мел, мрамор, доломит и др.), может происходить их медленное растворение. При отсутствии в воде углекислого газа это растворение протекает малозаметно. Однако если в аквариум при помощи компрессора попадает воздух из жилого помещения с достаточно высоким содержанием CO_2 , то процесс ускоряется за счет протекания реакции:



Жесткость воды увеличивается и за счет испарения воды. При этом растворенные соли остаются в аквариуме и их концентрация увеличивается (в некоторых руководствах рекомендуют доливать в аквариум дистиллированную воду взамен испарившейся, чтобы не возрастала жесткость, однако, это не всегда осуществимо).

Жесткость воды несколько уменьшается вследствие выпадения в осадок карбонатов кальция и магния при подкисления воды, а также в результате поглощения ионов кальция и магния рыбами и некоторыми аквариумными растениями (особенно потамогетонами и эхинодорусами).

Изменение жесткости воды в аквариуме происходит достаточно медленно, если регулярно проводить подмену воды (25—30% еженедельно), то резких колебаний жесткости можно избежать.

Если нужно увеличить карбонатную жесткость воды, в аквариум следует поместить известняк и создать в воде достаточную концентрацию CO_2 (например, установить продувку воды воздухом). Для увеличения не карбонатной жесткости обычно добавляют раствор хлорида кальция CaCl_2 и сульфата магния MgSO_4 . Уменьшить жесткость воды несколько сложнее. Здесь наиболее простой путь — добавление дистиллированной, смягченной (иногда — дождевой) воды.

Жесткость воды связана с ее кислотностью. Чем более жесткой является вода, тем она более щелочная. На рис. 9 показана зависимость значения водородного показателя воды от ее жесткости.

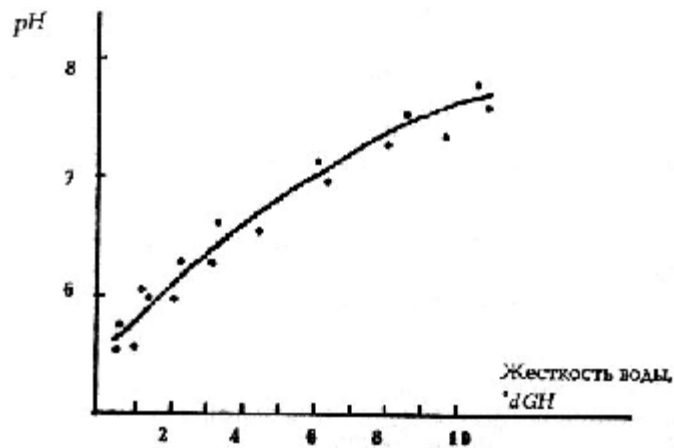
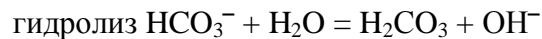


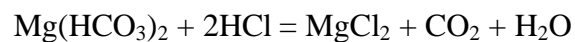
Рис. 9. Связь между жесткостью воды и ее кислотностью

Связь между жесткостью воды и pH можно легко объяснить. Как мы уже видели раньше, в жесткой воде преобладает временная или карбонатная жесткость, т. е. в ней содержатся соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Эти соли в водном растворе подвергаются гидролизу — взаимодействуют с водой. Схему гидролиза $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ можно записать следующим образом:



Из уравнения гидролиза видно, что в результате устанавливающегося равновесия в воде накапливаются гидроксид-ионы OH^- , которые обуславливают щелочную реакцию среды.

Все вышесказанное не означает однако, что нельзя получить жесткую воду с кислой реакцией. Такая вода должна содержать хлориды и сульфаты кальция и магния, т. е. в ней преобладает постоянная (некарбонатная) жесткость. Такую среду можно получить, если добавить в мягкую воду соответствующие соли или подкислить обычную воду с карбонатной жесткостью соляной или серной кислотой. При подкислении будет происходить разложение гидрокарбонатов, например:



Мягкая вода обычно имеет значение pH меньше 7. Кислые свойства мягкой воды связаны, главным образом, с растворением CO_2 и образованием угольной кислоты, о чем мы уже говорили в предыдущем разделе.

В зависимости от жесткости и связанной с ней кислотности можно различить три основные разновидности аквариумной воды, пригодной для содержания определенных представителей пресноводной гидрофауны и гидрофлоры;

- 1) кислая и мягкая вода;
- 2) вода с нейтральной реакцией и средней жесткостью;
- 3) щелочная и жесткая вода;

Если аквариумист создаст все три вида аквариумов, то практически он может содержать всех представителей пресноводных тропических рыб и растений. Если этого сделать не удастся, то выбор рыб и растений будет ограничен.

Таблица 10: Представители пресноводной гидрофауны и гидрофлоры, подходящие для различных видов аквариумной воды

Гидробионты	Кислая и мягкая вода	Нейтральная вода средней жесткости	Щелочная и жесткая вода
Тропические рыбы	Неон (<i>Paracheirodon innesi</i>), лялиус (<i>Colisa lalia</i>)	Данио-рерио (<i>Brachydanio rerio</i>), цихлазома Меека (<i>Cichlasoma meeki</i>)	Псевдотрофеус зебра (<i>Pseudotropheus zebra</i>), велифера (<i>Poecilia velifera</i>)
Водные растения	Болбитис (<i>Bolbitis heudelotii</i>), ротала Валлиха (<i>Rotala wallichii</i>)	Криптокорина Вендта (<i>Cryptocoryne wendtii</i>), лимнофила водная (<i>Limnophila aquatica</i>)	Эхинодорус (<i>Echinadorus horisontalis</i>), анубиас нана (<i>Anubias barteri</i> , var. nana)

Например, нельзя совместить в одном аквариуме, два вида рыб из семейства цихлид: дискуса (*Symphysodon diskus*) из южноамериканской реки Риу-Негру, которому нужна мягкая и кислая вода, и юлидохромиса орнатуса (*Julidochromis ornatus*) из африканского озера Танганьика. Этой рыбе подходит щелочная жесткая вода. В табл. 10 показано, какие водные организмы могут содержаться в аквариуме каждого вида.

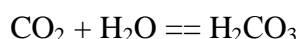
Следует отметить, что некоторые гидробионты легко адаптируются к условиям содержания, могут развиваться в воде различного гидрохимического состава. Например, людвигия (*Ludwigia repens*) хорошо растет и развивается как в кислой мягкой, так и в жесткой щелочной воде. К воде различной кислотности и жесткости легко адаптируются сомики из рода коридорас, например, крапчатый сомик (*Corydoras paleatus*)

ОБ УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ И КАРБОНАТАХ

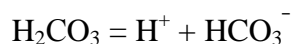
Важную роль в аквариумных процессах играет оксид углерода (IV) или, как его чаще называют, углекислый газ. Он представляет собой соединение углерода с кислородом; в молекуле вещества один атом углерода связан с двумя атомами кислорода — CO_2 . Углекислый газ влияет на гидрохимические параметры воды (жесткость, pH, содержание различных веществ), он действует на рыб и других водных животных и играет важнейшую роль в развитии аквариумных растений.

Углекислый газ, как мы уже отмечали, хорошо растворим в воде; при температуре 20°C в 100 г воды может раствориться 87,8 мл, или 172 мг CO_2 . Это значительно больше, чем растворимость таких газов, как кислород, водород, азот и др. (см. табл. 1).

Растворение CO_2 в воде связано с химическим взаимодействием его молекул с водой, приводящее к возникновению угольной кислоты:



Угольная кислота неустойчива, она может распадаться, поэтому часть растворенного в воде CO_2 находится в свободном состоянии. Это слабая кислота, т. е. она диссоциирует на ионы в незначительной степени:



Так, в растворе, в котором содержится 100 мл CO_2 в 1 л воды, приблизительно одна молекула из 50 диссоциирует на ионы. Очень малая часть образовавшихся гидрокарбонат-ионов HCO_3^- может также распадаться:



В результате диссоциации угольной кислоты в воде концентрация ионов H^+ становится больше, чем OH^- и среда приобретает кислую реакцию ($\text{pH} < 7$).

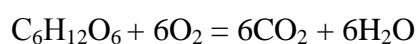
Углекислый газ — постоянный компонент воздуха. Обычно в 1 м^3 (1000 л) содержится около 300 мл CO_2 . В атмосфере жилых помещений содержание CO_2 может быть выше за счет дыхания людей. Если мы учтем среднее содержание углекислого газа в воздухе, то при использовании микрокомпрессора для продувания аквариума с производительностью 50 л/ч, ежедневно аквариум будет получать 15 мл CO_2 . Растворение CO_2 происходит и без продувки, за счет контакта поверхности воды с воздухом помещения. В этом случае, естественно, насыщение воды углекислым газом происходит значительно медленнее.

Другим источником CO_2 в аквариуме является газ, выделяемый при дыхании рыбами и другими водными организмами (улитками, насекомыми, рачками и др.).

Водные растения на свету поглощают (ассимилируют) CO_2 , превращая его в органические соединения — углеводы, глюкозу и др. Этот процесс получил название фотосинтеза, он обычно выражается уравнением;



В темноте происходит обратный процесс:



приводящий к увеличению содержания CO_2 в воде. Естественно, эти процессы будут оказывать тем более существенное влияние на гидрохимические процессы, чем больше растений содержится в аквариуме. Выделение углекислого газа растениями в ночное время может явиться причиной гибели рыб от удушья.

Еще один источник CO_2 в аквариуме — выделение его при разложении (гниении и других процессах) различных органических веществ (старых листьев растений, останков рыб, избытка корма и т. п.).

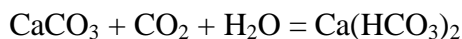
Итак, углекислый газ в больших концентрациях токсичен для аквариумных животных. При большом содержании CO_2 в воде он попадает в кровь рыб, вызывая удушье. Для нормального функционирования аквасистемы концентрация CO_2 в аквариумной воде не должна превышать 40 мл/л.

В аквариумной практике приходится сталкиваться с необходимостью увеличения или уменьшения содержания углекислого газа в аквариумной воде. Увеличить концентрацию CO_2 в воде можно, увеличив количество рыб, содержащихся в аквариуме. Иногда, при выращивании большого числа водных растений (в декоративном аквариуме) рекомендуют продувание воды углекислым газом из баллона или выделяющимся при химических реакциях (например, между мелом и кислотой: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) или брожении некоторых веществ, а также добавление раствора CO_2 (газированная вода). Все эти способы надо использовать очень осторожно, постоянно проводя анализ воды (измерять pH , dKH и содержание CO_2), чтобы не нанести вреда находящимся в аквариуме рыбам.

Уменьшить содержание CO_2 в аквариумной воде можно, уменьшив количество рыб или увеличив интенсивность и длительность освещения, чтобы активировать ассимиляционную деятельность водных растений. Многие аквариумисты считают, что продувка воды в аквариуме воздухом при помощи микрокомпрессоров приводит к уменьшению содержания CO_2 за счет вытеснения его из воды растворенным воздухом, однако вытеснить некоторое количество CO_2 удастся лишь при большом его содержании. Концентрация CO_2 , близкая к нормальной, практически не изменяется при такой продувке. Если же CO_2 в воде почти нет, то продувка атмосферным воздухом при помощи микрокомпрессоров приводит к увеличению содержания CO_2 в воде.

Важная роль CO_2 в гидрохимии аквариума состоит в установлении так называемого углекислотно-известкового равновесия. Это равновесие определяется главным образом тремя параметрами; концентрацией CO_2 в воде, значениями pH и карбонатной жесткости dKH.

Карбонат кальция CaCO_3 обладает очень плохой растворимостью в воде (7 мг в 1 л), что соответствует 2° жесткости. При растворении CO_2 в воде карбонаты, которые практически всегда содержатся в грунте, начинают взаимодействовать с углекислым газом, с образованием гидрокарбонатов, которые хорошо растворимы в воде:



Насыщая воду углекислым газом, можно добиться очень высокого содержания гидрокарбонатов (жесткость может подняться до 50 °dGH). Если содержание углекислого газа в воде уменьшается, то происходит обратный процесс;



Преимущественное протекание одного из процессов определяется значением pH в аквариумной воде. В табл. 11 показано, как зависит содержание углекислого газа в аквариумной воде от водородного показателя и карбонатной жесткости воды.

Таблица 11 Содержание углекислого газа в аквариумной воде (в мг/л) различной кислотности и карбонатной жесткости:

dKH	pH 6	pH 6,5	pH 7	pH 7,5	pH 8
1	30	9,6	3,0	1,0	0,3
2	59	19,4	5,9	1,9	0,6
3	87	28,5	8,7	2,9	0,9
4	118	38,5	11,8	3,9	1,2
6	177	58,0	17,7	5,8	1,8
8	240	77,0	24,0	7,7	2,4
10	300	96,0	30,0	9,6	3,0
15	440	144	44,0	14,4	4,4
20	590	194	59,0	19,4	5,9

Эта таблица показывает, сколько необходимо растворить в воде CO_2 , чтобы при определенной жесткости установить требуемое значение pH. В то же время значения pH и dKH позволяют приблизительно судить о количестве CO_2 , содержащемся в воде аквариума.

Однако кислотность и карбонатная жесткость не являются единственными факторами, определяющими углекислотно-известковое равновесие воды в аквариуме. Это равновесие зависит от целого ряда факторов:

1. Объем (вместимость аквариума). Как правило, в аквариумах большого объема равновесные процессы более устойчивы.
2. Геометрические размеры аквариума (соотношение длины, высоты и ширины). В аквариуме с большой площадью поверхности лучше осуществляется газообмен, с воздухом.
3. Количество рыб и других аквариумных животных, выделяющих углекислый газ при дыхании.

4. Количество растений в аквариуме, которые, в зависимости от освещенности, выделяют или поглощают углекислый газ.
5. Интенсивность освещения, влияющая на жизнедеятельность аквариумных растений.
6. Химический состав воды, наливаемой в аквариум. Наиболее важный фактор — карбонатная жесткость (dKH).
7. Режим кормления рыб. Разлагающийся избыточный корм становится источником углекислого газа.
8. Температура воды. Влияет на растворимость карбонатов, углекислого газа, на скорость всех химических реакций.
9. Грунт. От содержания карбонатов в грунте зависит гидрохимический состав воды.
10. Движение воды за счет аквариумных фильтров, микрокомпрессоров, помп. Влияет на насыщение воды углекислым газом из воздуха и растворимость карбонатов.

Все указанные факторы говорят о сложной зависимости равновесия от условий содержания аквариума: из-за такого большого комплекса факторов часто бывает невозможно предугадать направление смещения углекислотно-известкового равновесия и соответствующее ему изменение гидрохимического состава аквариумной воды.

Расскажем подробнее о роли углекислого газа в жизнедеятельности растений. Как известно, растения состоят из органических соединений, т. е. соединений, основу (скелет) которых составляет углерод. Нарастание биомассы растений связано с необходимостью подпитки их извне соединениями углерода. Основным веществом, служащим для питания растений является углекислый газ. Растения ассимилируют (поглощают) CO_2 , превращая его в органические соединения — глюкозу, крахмал и другие (схема простейшего процесса описана выше).

Поглощение CO_2 связано с изменением pH среды: сдвигом его значения в щелочную сторону. Содержание углекислого газа в аквариумной воде, как мы видели из табл. 11, снижается при уменьшении жесткости и уменьшении кислотности воды. Поэтому очень мягкая и особенно щелочная вода неблагоприятны для растений. Многие аквариумные растения прекращают рост даже в слабощелочной среде (при pH около 8).

Забирая углекислый газ из воды, растения сами ухудшают условия своего существования; для их улучшения необходим новый источник углерода. Некоторые растения могут использовать в процессе фотосинтеза только свободный CO_2 , растворенный в воде. Если весь углекислый газ израсходован, то процесс фотосинтеза прекращается, и рост растения останавливается.

Некоторые представители гидрофлоры приспособились в отсутствие в воде свободного углекислого газа поглощать CO_2 из гидрокарбонатов кальция и магния, обуславливающих временную жесткость воды (биогенное умягчение воды). При этом происходят процессы?

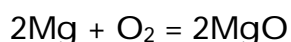


В результате первой реакции образуются выпадающие в осадок карбонаты кальция и магния, образующие белый налет на листьях растений. В результате второй реакции, приводящей к более полному извлечению углерода из гидрокарбоната, образуется щелочь $\text{Ca}(\text{OH})_2$, что влечет сильное увеличение pH. Например, элодея канадская (*Elodea canadensis*) может настолько полно поглощать углекислый газ из растворенных гидрокарбонатов, что pH поднимается до 10 и даже несколько выше. В таких условиях большинство других водных растений погибает. Поглощение CO_2 из гидрокарбонатов, а, следовательно, и поглощение воды будет происходить тем интенсивнее, чем выше переменная (карбонатная) жесткость воды. Поэтому высокое значение dKH не может быть рекомендовано для аквариумов. По-видимому, предельная карбонатная жесткость dKH должна быть не больше 10—14.

ОКИСЛИТЕЛИ И ВОССТАНОВИТЕЛИ

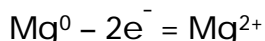
Многие вещества обладают особыми свойствами, которые в химии принято называть окислительными или восстановительными. В аквариумных процессах эти вещества играют достаточно важную роль, поэтому мы расскажем о них подробнее.

Что же такое окислитель и восстановитель, окисление и восстановление? Окислительно-восстановительные свойства вещества связаны с процессом отдачи и приема электронов атомами, ионами или молекулами. Окислитель — это вещество, которое в ходе реакции принимает электроны, т. е. восстанавливается; восстановитель — отдает электроны, т. е. окисляется. Рассмотрим такой пример; магний реагирует с кислородом, образуя оксид магния:



В результате этой реакции металл магний (в целом электронейтральное вещество) переходит в частицы (ионы) с зарядом (степенью окисления) +2. Для всех металлов в соединениях характерна положительная степень окисления.

Кислород из электронейтрального вещества превращается в частицы с зарядом -2. Эти процессы можно записать в виде так называемых электронных уравнений:



Отсюда видно, что магний отдает электроны, следовательно, он является восстановителем, который окисляется, а кислород, принимающий электроны (т. е. восстанавливающийся), — окислителем.

Процессы окисления и восстановления воды сопутствуют друг другу, один без другого не может происходить. Поэтому процесс передачи электронов от одних веществ к другим, обычно называют окислительно—восстановительными реакциями. Эти реакции очень распространены в живой природе; они играют существенную роль в процессах, происходящих в аквариуме.

Одни химические вещества проявляют свойства окислителей, другие — восстановителей.

Важнейшими восстановителями являются:

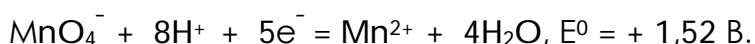
- многие металлы (магний, алюминий, цинк, железо и др.);
- аммиак NH_3 и соли аммония (например, NH_4Cl); — сероводород H_2S и сульфиды (например, Na_2S);
- йодоводородная кислота HI , бромоводородная кислота HBr , соляная кислота HCl и их соли (например, KI , NaBr , CaCl_2);
- тиосульфат (гипосульфит) натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- сульфит натрия Na_2SO_3 ; — пероксид водорода H_2O_2 ;
- многие органические вещества: спирты, альдегиды, карбоновые кислоты, углеводороды и др. Важнейшими окислителями являются:
- азотная кислота HNO_3 и нитраты (например, NaNO_3);
- концентрированная серная кислота H_2SO_4 ;
- галогены: хлор Cl_2 , бром Br_2 , йод I_2 ;

- кислород O_2 ;
- перманганат калия $KMnO_4$;
- дихромат калия $K_2Cr_2O_7$;
- пероксид водорода H_2O_2 .

Некоторые вещества, например, пероксид водорода H_2O_2 , в зависимости от условий могут проявлять свойства как окислителей, так и восстановителей.

Силу окислителей и восстановителей можно сравнить, используя значения электродных (или окислительно-восстановительных) потенциалов.

Значение потенциалов окислительно-восстановительных систем в стандартных условиях (температура $25^\circ C$, концентрация веществ 1 моль/л, нормальное атмосферное давление) приводится в химических справочниках. Рассмотрим в качестве примера систему:

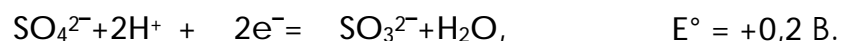


окислительная форма

восстановительная форма

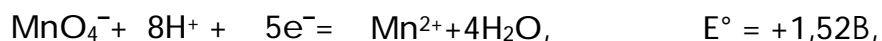
В этой системе окислительная форма (окислитель) — Это вещество, которое восстанавливается и превращается в восстановительную форму (восстановитель). И наоборот, восстановительная форма может H^+ быть Окислена до окислительной формы. Ионы показывают, что такая реакция возможна в кислой Среде.

Если сравнить две окислительно-восстановительные системы:



ОКИСЛИТЕЛЬ

ВОССТАНОВИТЕЛЬ



ОКИСЛИТЕЛЬ

ВОССТАНОВИТЕЛЬ

то в них более сильным окислителем будет тот, система которого имеет более положительный потенциал, т. е. MnO_4^- , а более сильным восстановителем — тот, система которого имеет более отрицательный потенциал, т. е. SO_3^{2-} . Следовательно, $KMnO_4$ будет более сильным окислителем, чем K_2SO_4 ; K_2SO_3 — более сильный восстановитель, чем $MnSO_4$. Так можно сравнить силу всех окислителей и восстановителей. Если в воде находятся различные окислители и восстановители в смеси, то окислительно-восстановительный потенциал можно определить экспериментально по схеме, изображенной на рис. 7, используя вольтметр с высоким значением входного сопротивления или pH-метр в режиме измерения потенциала. Вместо стеклянного электрода берется платиновый индикаторный электрод, на котором определяется потенциал $E_{\text{эксп}}$. После измерения надо перейти к значению потенциала по стандартной водородной шкале E_h (относительно стандартного водородного электрода), используя соотношение

$$E_h = (E_{\text{эксп}} + 0,2) \text{ В.} \tag{14}$$

В аквариумной воде всегда присутствуют как окислители, так и восстановители. К окислителям относятся, например, такие компоненты воды как нитрат-ионы, кислород; к восстановителям — сероводород, аммиак, гуминовые кислоты и многие другие органические соединения. Соотношение тех или иных соединений определяет окислительные или восстановительные

свойства воды. Обычно в аквариумной воде несколько преобладают вещества с восстановительными свойствами. Для количественной характеристики окислительно-восстановительных свойств аквариумной воды используется величина rH_2 . В книгах по аквариумистике ее называют «редокс-потенциал». Этот термин некорректен, т. к. потенциал — величина измеряемая в вольтах, а rH_2 — безразмерная (как pH). Поэтому величину rH_2 следует называть «показатель редокс-потенциала» или «показатель окислительно-восстановительного потенциала».

Для расчета значения показателя rH_2 используется уравнение:

$$rH_2 = \frac{2FE_h}{2,303RT} + 2 pH = - \text{Lg}P(H_2); \quad (15)$$

где F — постоянная Фарадея ($F = 96485$ Кл/моль);

R—универсальная постоянная ($R = 8,31$ Дж • моль⁻¹ • К⁻¹);

T — температура по абсолютной шкале (в К);

E_h — экспериментально измеряемое значение окислительно-восстановительного потенциала в воде в В;

pH — водородный показатель;

$P(H_2)$ — парциальное давление водорода в окислительно-восстановительной системе.

Если принять температуру равной 20°C, то, учитывая значение констант, получим:

$$rH_2 = \frac{E_h}{0,029} + 2 pH; \quad (16)$$

Как видно из формул (15) и (16) показатель rH_2 связан с окислительно-восстановительным потенциалом и учитывает влияние на него кислотности воды в аквариуме.

Для определения значения rH_2 необходимо определить pH и E_h , как рассмотрено выше. Подробности методики таких измерений будут изложены в третьем разделе книги.

Считается, что шкала rH_2 изменяется в пределах от 0 до 42. Так, в природных водоемах показатель окислительно-восстановительного потенциала принимает значение от 26 до 32, в аквариумной воде — от 28 до 31. Значение rH_2 оказывает существенное влияние на жизнедеятельность аквариумных организмов. На рис. 10 показаны оптимальные интервалы значений rH_2 для некоторых аквариумных растений.

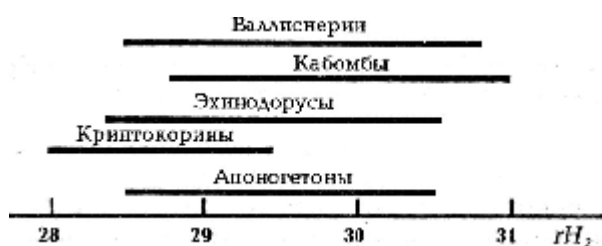


Рис. 10. Оптимальные значения показателя редокс-потенциала для некоторых аквариумных растений.

О значении rH_2 в аквариуме можно приблизительно судить по внешним признакам — по самочувствию растений. Например, если хорошо растут криптокорины, а эхинодорусы — плохо, это указывает на достаточно низкое значение rH_2 (28). Если

хорошо растут апоногетоны и эхинодорусы, а криптокорины — плохо, то значение показателя редокс-потенциала приблизительно равно 30.

Обычно во вновь организуемых аквариумах rH_2 бывает высоким (30—31). По мере накопления в фунте и воде продуктов жизнедеятельности рыб (большинство из них — восстановители), показатель rH_2 снижается, особенно в придонных слоях. За счет деятельности микроорганизмов, роста растений (при их большом числе) rH_2 возрастает, т. е. в аквариуме происходит саморегуляция окислительно-восстановительных свойств воды. Поднять значение rH_2 можно за счет подмены воды, аэрации и удаления продуктов жизнедеятельности обитателей аквариума, чистки грунта.

Как уже говорилось, в аквариумной воде всегда присутствуют растворенные органические соединения, которые обуславливают преобладание у нее восстановительных свойств. Определить суммарную концентрацию растворенной органики в воде можно по количеству кислорода или какого-либо сильного окислителя, затраченного на ее окисление. В качестве таких окислителей обычно используют растворы перманганата калия (KMnO_4) или дихромата калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), а определяемые свойства воды — перманганатная или дихроматная окисляемость. Количественно это свойство выражают в миллиграммах (мг) активного (атомного) кислорода, затраченного на окисление 1 л воды. В аквариумной воде окисляемость может составлять от 2—5 мг О/л до нескольких десятков. Чем больше этот показатель, тем больше органических веществ (восстановителей) содержится в аквариумной воде. Наиболее оптимальными значениями окисляемости для аквариумов можно считать 4—12 мг О/л.

ЧЕМ ДЫШАТ РЫБЫ?

Все живые организмы нуждаются в кислороде. Этот газ они поглощают при дыхании. В воде, даже насыщенной кислородом (а не воздухом), при температуре 20°C объемная доля кислорода составляет не более 1%.

Дыхание рыб в водной среде осуществляется главным-образом при помощи жабр: вода с растворенным кислородом проходит через рот в жабры, где растворенный кислород поглощается и поступает в организм. Степень поглощения кислорода из воды при таком способе дыхания очень высока и составляет до 30% (для сравнения: млекопитающие поглощают лишь до четверти вдыхаемого кислорода).

У некоторых рыб существуют и дополнительные органы дыхания: они поглощают кислород через кожу или при помощи специальных органов, характерных для отдельных видов, родов или семейств. Например, у рыб семейства Anabantidae, к которым относятся многие популярные представители аквариумной ихтиофауны (гурами, петушки, лялиусы, макроподы), имеется особый орган — жаберный лабиринт, позволяющий поглощать кислород из воздуха. Если эти рыбы не имеют возможности подняться к поверхности воды в течение нескольких часов, то они погибают.

Кислород, попадающий через жабры и другие органы дыхания в организм, поступает в кровь и разносится по всему телу рыбы. Он участвует в процессе окисления органических веществ. Эти окислительно-восстановительные реакции поставляют энергию для поддержания жизнедеятельности рыб.

Каковы источники кислорода в аквариумной воде? Главный из них, как и в природных водоемах, — естественный газообмен с окружающим воздухом. Этот газообмен улучшается, если в водоеме имеются волны, пороги, перекаты (в аквариумных условиях их заменяет принудительная аэрация воды при помощи помп или микрокомпрессоров). Значительное количество кислорода в процессе

фотосинтеза поставляют растения. Растворенный в воде кислород поглощается рыбами и другими аквариумными животными и в ночное время растениями. Он расходуется также при разложении экскрементов, остатков растений и мертвых рыб.

Количество кислорода, которое необходимо рыбам, бывает различным и во многом зависит от температуры воды, вида и размера рыб, степени их активности и других факторов.

Температура воды влияет на содержание в ней кислорода: как известно, растворимость газов уменьшается при увеличении температуры жидкости (см. табл. 2). Обычно содержание кислорода в воде, контактирующей с атмосферным воздухом, меньше предельной растворимости, приведенной в табл. 2, и составляет 0,7 мл в 100 г воды при 15°C, 0,63 мл — при 20°C и 0,58 мл — при 25°C. Это содержание кислорода вполне достаточно для аквариумных обитателей, т. к. установлено, что наиболее оптимальным для них содержанием O_2 является от 0,55 мл до 0,7 мл в 100 г воды.

В табл. 12 показано на примере золотых рыбок, какое количество кислорода необходимо для нормального дыхания в активном состоянии рыб и при отдыхе.

Таблица 12. Количество кислорода, необходимое для золотых рыбок

Температура воды	Требуемое количество кислорода в активном состоянии, мл на 1 кг массы рыбы в час	Требуемое количество кислорода при отдыхе, мл на 1 кг массы рыбы в час	Требуемое количество воздуха для аэрации аквариума, л на 1 кг массы рыбы в час
5	30	8	1,3
15	110	50	9,0
25	255	140	32,0
35	285	225	60,0

С увеличением температуры воды содержание в ней кислорода падает, а потребность рыб в нем возрастает. Это вызывает необходимость во многих случаях устанавливать устройства для аэрации воды в аквариуме. С учетом требуемого количества кислорода подбираются воздушные компрессоры. Например, многие распространенные аквариумные компрессоры имеют производительность 30 л/ч (по каждому каналу). Как видно из табл. 12 (см. последнюю колонку), такой производительности достаточно для обеспечения нормального дыхания золотых рыбок общей массой 1 кг. При температуре 15°C число рыб, которых обеспечит воздухом такой компрессор, возрастает в 3—3,5 раза.

Золотые рыбки требовательны к содержанию кислорода. У многих мелких тропических рыб, которые содержатся в аквариумах, потребность в кислороде значительно ниже. Например, многих харациновых рыб (неоны, рододетомусы, миноры и др.) можно успешно

содержать в аквариумах без специальной аэрации. Как правило, наиболее требовательные к содержанию кислорода рыбы живут в природе в реках и ручьях с быстрым течением, имеющих перекаты, пороги, водопады. Рыбы, обитающие в медленно текущих реках (особенно с водой, богатой органическими веществами), небольших прудах и озерах, обычно нуждаются в меньшем содержании кислорода в воде.

Интересен вопрос о роли аквариумных растений в насыщении воды кислородом. Некоторые аквариумисты преувеличивают эту роль. Действительно, в процессе роста аквариумных растений (на свету) они выделяют кислород, однако его количество, как правило, не превосходит то, что поступает в воду за счет естественного газообмена с воздухом.

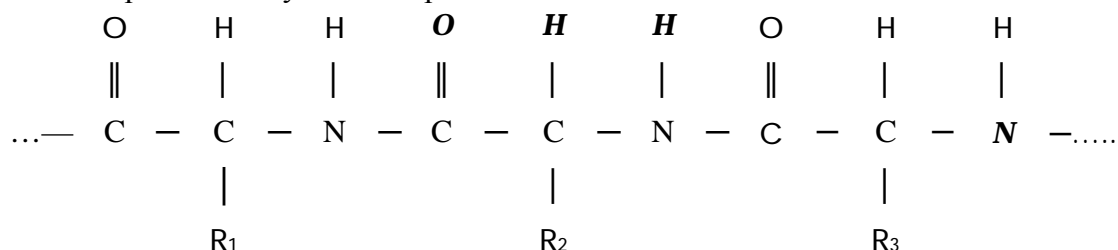
В темное время суток растения поглощают кислород из воды. Поэтому, несмотря на то, что активность рыб понижается, и они требуют меньше кислорода, может возникнуть его нехватка. Рыбы могут погибнуть от удушья в гуще растений. Такое явление наблюдается в ночное время в аквариумах с высокой плотностью посадки водных растений (при наличии растений, плавающих на поверхности). В таких аквариумах необходима аэрация, особенно в ночное время.

Аэрация воды в аквариумах обычно осуществляется при помощи микрокомпрессоров через распылители из пористых материалов: песчаника, керамики, пористых металлов. Насыщение воды кислородом осуществляется при использовании аквариумных фильтров, об устройстве и работе которых будет рассказано в отдельной главе.

АЗОТ — ПОЛЬЗА ИЛИ ВРЕД?

Азот — один из основных элементов, необходимых для животных и растений. Он входит в состав белков, являющихся частью растительных и животных клеток. Некоторые соединения азота в большой концентрации вредны для живых организмов, могут вызвать болезни и гибель рыб.

Азот образует простое вещество — газообразный азот, молекулы которого состоят из двух атомов N_2 . Этот газ без цвета и запаха является основным компонентом атмосферного воздуха, где объемная доля N_2 равна 78%. Газообразный азот немного растворим в воде (в 100г H_2O — 1,5 мл N_2 при 20°C). Этот газ химически и биологически инертен: он практически не вступает в химические реакции ни на воздухе, ни в растворе и не играет существенной роли в химических и биохимических процессах, протекающих в аквариуме. Азот — компонент многих соединений, играющих важную роль в процессах жизнедеятельности водных обитателей. Так, он входит в животные и растительные белки. Белки — органические полимерные вещества, состав которых можно изобразить следующим образом:



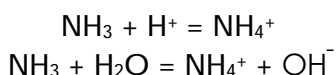
где R_1, R_2, R_3 — остатки различных органических аминокислот.

Без азота невозможен рост растений. Наряду с фосфором и калием, он необходим в больших количествах. Растения могут поглощать азот в виде простых неорганических соединений (аммиак, нитриты, нитраты) и превращать в более сложные органические (аминокислоты, белки). Животные, в том числе и рыбы, поглощают азот только в виде органических веществ (главным образом — белков) растительного происхождения или из тканей других животных.

В результате разложения экскрементов рыб и других аквариумных животных, остатков корма и растений, погибших организмов образуется неорганическое соединение азота — аммиак NH_3 — газ с характерным резким запахом, хорошо растворимый в воде. Так, при температуре 20°C в 1 л воды можно растворить до 700 л аммиака.

Аммиак в больших концентрациях — очень токсичное вещество. Он делает невозможным процесс дыхания. Рыбы ощущают концентрацию аммиака в воде 0,2 мг/л, а концентрация 1 мг/л для большинства аквариумных рыб смертельна.

Аммиак обладает способностью взаимодействовать с ионами водорода H^+ , находящимися в воде, или с молекулами воды, образуя ионы аммония NH_4^+ ;



В результате устанавливается химическое равновесие между молекулами аммиака и ионами аммония. Соотношение концентраций NH_3 и NH_4^+ в воде зависит от ее кислотности: в кислой воде практически отсутствует аммиак; в нейтральной и слабощелочной NH_3 есть, однако, содержание ионов NH_4^+ все еще невысоко; в щелочной среде концентрация аммиака резко возрастает. Количественное соотношение между аммиаком и ионами аммония в воде при различных рН показано на рис. 11. Особые неприятности аммиак может доставить аквариумистам, которые содержат африканских цихлид из озер Малави, Ньяса и Танганьика (рН должен составлять 7,5 — 9), и любителям морского аквариума (рН около 8,3).

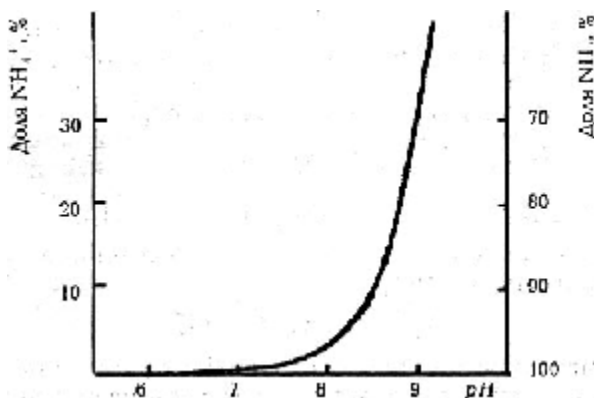
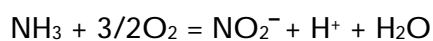


Рис. 11. Соотношения между аммиаком и ионами аммония в воде различной кислотности при температуре 20°C

Ионы аммония значительно менее токсичны, чем аммиак. Для предотвращения отравления рыб аммиаком, необходимо подкислять воду (если это допустимо для обитателей) и поддерживать рН в интервале от 6 до 7. Для такого подкисления часто используют кислоты (уксусную, соляную, фосфорную) или торфяной настой и отвар. Использовать кислоты надо очень осторожно, постоянно контролируя значение рН. Во-первых, надо учитывать, что можно повысить кислотность очень резко, что губительно для рыб и многих растений. Во-вторых, кислота может начать реагировать с грунтом, содержащим известняк, и с растворимыми в воде гидрокарбонатами кальция и магния. При этом выделяется углекислый газ, который в больших концентрациях также токсичен для рыб.

Что делать в тех случаях, когда нельзя подкислять воду? Ведь многим аквариумным обитателям — африканским цихлидам, моллинезиям велиферам, морским животным и др. — требуется вода с щелочной реакцией. В этом случае надо принимать специальные меры, чтобы предотвратить отравление рыб аммиаком: содержание аквариума в чистоте; своевременное удаление остатков корма, экскрементов рыб, отмирающих листьев растений; подмена части воды (до 1/4, а иногда и более в неделю) на свежую. Эффективным средством защиты рыб от отравления аммиаком является фильтрация воды.

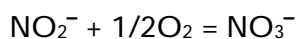
Надо отметить, что аммиак и ионы аммония не являются конечными продуктами разложения азотсодержащих веществ. Молекулы NH_3 и ионы NH_4^+ могут окисляться, причем окисление протекает в два этапа. Вначале образуются нитрит-ионы NO_2^- :



ИЛИ



Образовавшиеся нитрит-ионы окисляются далее до нитрат-ионов NO_3^- :



Процессы окисления аммиака и ионов аммония могут происходить под воздействием химических окислителей (например, растворенного в воде кислорода). Однако такие реакции протекают медленно. Значительно быстрее окислительно-восстановительные реакции протекают под

действием бактерий, существующих в аквариуме. Бактерии рода *Nitrosomonas* осуществляют процесс NH_3 (NH_4^+) \rightarrow NO_2^- , а бактерии рода *Nitrobacter* — процесс $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$.

Особенно быстро превращение аммиака, до нитрат-ионов происходит при использовании аквариумных фильтров. В простейших из них вода прокачивается через слой гравия или синтетического материала (поролон, мочалка из полимерных волокон). Многие считают, что эти устройства лишь механически фильтруют воду, освобождая ее от взвешенных твердых частиц, однако это не так. В фильтре, из-за повышенной концентрации кислорода скапливаются и быстро размножаются бактерии родов *Nitrisomonas* и *Nitrobacter*, которые способствуют превращению аммиака и ионов аммония в нитриты и нитраты.

Нитриты и нитраты также оказывают токсическое действие на живые организмы. Особенно высока токсичность нитритов. Она даже выше, чем у аммиака: большинство пресноводных рыб погибает при концентрации ионов NO_2^- 0,5 мг/л. Длительное пребывание рыб в воде с концентрацией нитрит-ионов более 0,1 мг/л может привести к летальному исходу. Однако, как правило, нитриты не накапливаются в больших концентрациях в воде из-за их окисления до нитратов.

Нитраты — значительно менее токсичные соединения азота, чем аммиак и нитриты. Концентрация ионов NO_3^- может достигать 20 мг/л и даже больших значений. При этом рыбы живут в воде с таким содержанием нитратов достаточно долго и без видимого ущерба для здоровья. Обычно концентрации нитратов велики в так называемой «старой» воде. Раньше считалось, что такая вода наиболее подходит для аквариума; теперь это мнение изменено.

Несмотря на малую токсичность нитратов, ими нельзя злоупотреблять. Замечено, что в воде, богатой нитратами, рыбы (особенно мальки) растут медленнее, труднее размножаются, раньше теряют способность к размножению. Таким образом, желательно, чтобы концентрация нитратов в аквариумной воде не превышала 20 мг/л. Избыточное количество нитратов можно уменьшить, либо применяя фильтры с адсорбентами (активированным углем и др.), либо регулярно проводя частичную подмену воды. Сравнение токсичности аммиака, нитратов и нитритов приведено на рис. 12.



Рис. 12. Сравнительная характеристика токсичности соединений азота.

Мы исследовали состав аквариумной воды, при этом был проведен химический анализ образцов на содержание соединений азота — аммиака, нитратов и нитритов. Аквариумы объемом 100 л простояли около двух лет. Ежемесячно в них делалась уборка, а раз в две недели 1/4 часть воды заменялась на свежую, водопроводную (dGH 8—10°). Аквариумы были густо засажены растениями (крипторины, кабомбы, роталы, альтернантеры, роголистники и др.); освещение — две U-образные люминесцентные лампы по 30 Вт; рыбы — гуппи. В аквариуме без фильтрации концентрация аммиака составила (в различных пробах) от 0,02 до 0,1 мг/л, нитритов — 0,05—0,12 мг/л, нитратов — 1,8—2,9 мг/л. В аквариуме с такими же условиями, но при наличии донного фильтра, пропускающего воду через слой гравия, содержание соединений азота было следующим: NH_3 — 0—0,03 мг/л; NO_2^- — 0—0,05 мг/л; NO_3^- — 1,8—3,0 мг/л. Эти данные показывают, что регулярный уход за аквариумом позволяет поддерживать концентрацию токсичных веществ в допустимых пределах.

Все процессы, связанные с соединениями азота, протекающие в аквариуме, можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 13.

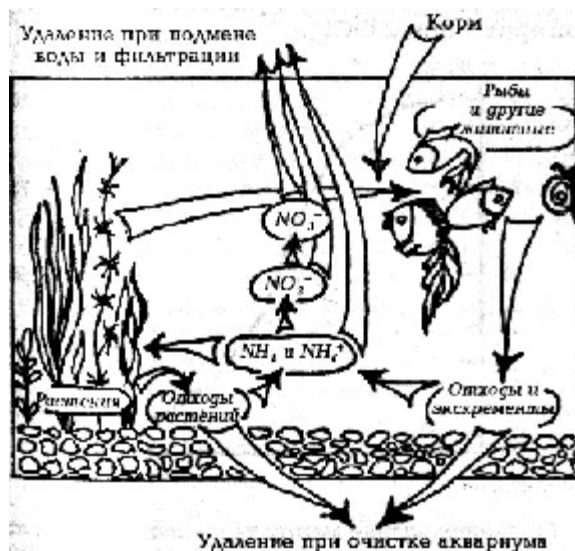
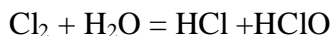


Рис 13. Круговорот азота в аквариуме.

ХЛОРИРОВАННАЯ ВОДА

Водопроводная вода в населенных пунктах подвергается обеззараживанию. Одним из распространенных способов подготовки воды является растворение в ней хлора. Так называемая хлорированная вода довольно опасна для аквариумных обитателей.

Хлор представляет собой ядовитый зеленоватый газ со специфическим резким запахом, хорошо растворимый в воде. Его молекулы состоят из двух атомов — Cl_2 . Хлор не только дезинфицирующее средство, но и сильный окислитель и отбеливатель, поэтому его второе назначение — окисление и обесцвечивание органических веществ, содержащихся в воде. Хлор взаимодействует с водой, образуя соляную кислоту HCl и хлорноватистую HOCl :



Хлорноватистая кислота в некоторой степени диссоциирует на ионы H^+ и OCl^- (гипохлорит-ион):



Содержание HOCl и ионов OCl^- в воде зависит от ее кислотности (рис. 14). В кислой среде преобладают недиссоциированные молекулы HOCl , а в щелочной - гипохлорит-ионы OCl^- .

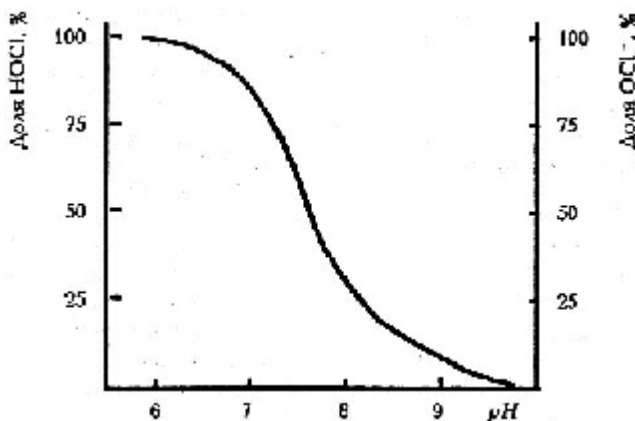
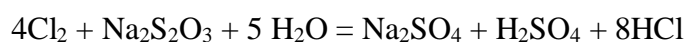


Рис. 14. Соотношение между хлорноватистой кислотой и гипохлорид-ионами в воде различной кислотности при температуре 20°С

Хлор, как уже отмечалось, является ядовитым веществом. Установлено, что токсичность водных растворов хлора обусловлена присутствием в них недиссоциированных молекул хлорноватистой кислоты HOCl , а ионы OCl^- менее вредны. Поэтому хлорированная вода наиболее опасна, если она имеет кислую, нейтральную или очень слабощелочную реакцию. Рыбы реагируют на очень низкие концентрации хлора: до 10^{-8} — 10^{-7} мг/л. Для большинства аквариумных рыб предельная концентрация хлора в воде — 0,25 мг/л. Известно, что хлорированная вода с содержанием Cl_2 1 мг/л довольно быстро убивает практически всех рыб. Токсическое действие хлора связано с разрушением жаберных органов рыб. Вредна ли хлорированная вода для других животных и для человека? Оказывается — да. Но когда люди пьют такую воду, содержащийся в ней хлор быстро реагирует с органическими веществами, присутствующими в слюне и желудочном соке. Рыбы не имеют такого защитного механизма, поэтому для них хлорированная вода чрезвычайно опасна, т. к. обычная концентрация хлора в ней превышает летальную для рыб. Растения менее чувствительны к хлорированной воде, Лишь у видов с очень нежными тканями могут разрушаться листья. Однако, как правило, гибели растения не происходит.

Когда аквариумист использует хлорированную воду, ей необходимо дать отстояться 5—6 дней. За это время концентрация хлора снижается до вполне допустимой. Процесс удаления хлора из воды можно ускорить, если наполнять сосуды с водой из распылителя (например, из душа), а после наполнения аэрировать воду. Так она может быть подготовлена к посадке рыб за 2—3 дня.

Еще более быстрыми способами удаления хлора из воды являются химические методы. Разработаны препараты, которые взаимодействуют с растворимым хлором, превращая его в малотоксичные вещества. В качестве такого препарата можно использовать, например тиосульфат натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, восстанавливающий хлор до хлорид-ионов Cl^- :



Можно использовать также адсорбционный метод: при пропускании хлорированной воды через активированный уголь, хлор адсорбируется на нем и вода освобождается от токсичного компонента.

Особый вопрос — частая подмена воды в давно организованных аквариумах. Во многих руководствах сказано, что хлорированную воду при такой подмене можно заливать в аквариум без предварительной обработки. Действительно, это можно делать, т. к. в течение 1—2 секунд хлор реагирует с органическими веществами и аммиаком, которые содержатся в воде действующего аквариума, и не успевает оказать вредное действие на рыб. Однако количество заливаемой воды не должно превышать 20% объема аквариума. Если же есть возможность приготовить воду с помощью специальных препаратов или дать ей немного отстояться, то это всегда лучше сделать, чтобы обезопасить рыб. Особенно опасно использовать хлорированную воду в период весеннего паводка, когда для лучшего обеззараживания воды концентрацию хлора в ней повышают.

ПОЧЕМУ РАСТЕТ КАБОМБА?

Мы уже много говорили о роли различных химических веществ, содержащихся в воде, в жизни водных организмов. Как же эти вещества используются гидробионтами? В этой главе мы расскажем о роли химических веществ в развитии аквариумных растений.

Проделайте простой опыт. Возьмите какое-нибудь водное растение, например, кабомбу и поместите в банку с рыбками. Наблюдайте за растением ежедневно. Вы увидите, что оно достаточно быстро увеличивается в размерах, «растет на глазах». При этом видимых изменений в воде не происходит. Почему же растет кабомба? В процессе жизнедеятельности во всех биологических объектах происходит преобразование одного вида энергии в другой. Некоторые организмы превращают заранее накопленную энергию химических связей, потребляя ее в виде пищи, в другие необходимые для них виды. Это может быть механическая, осмотическая,

тепловая и снова химическая. Все живые клетки преобразуют энергию в ходе сложных биохимических процессов.

Жизнедеятельность клеток сопровождается процессом дыхания, т. е. расщеплением: питательных веществ и выделением запасенной в них энергии, которая используется для выполнения различных функций.

Способ получения организмами питательных веществ, необходимых для жизни и используемых при дыхании, делит их на гетеротрофные — использующие для своего питания готовые органические соединения и автотрофные — способные синтезировать необходимые им органические вещества из неорганических соединений.

Большинство растений, содержащихся в аквариуме, относятся к автотрофам, получающим все необходимые для жизни вещества из воды и частично из грунта. Других источников питания у них нет. Поэтому для их правильного культивирования особенно важны знания гидрохимии, чтобы сознательно управлять процессом питания, а также знать, как достигнуть того, чтобы нашим зеленым питомцам было достаточно всех необходимых веществ.

Стебли и листья высших растений содержат большое количество воды. В самом деле, вода составляет 80—90% от зеленой массы. Такое содержание воды соответствует роли этого вещества в жизни растения. Так, содержащиеся в клетках белки могут быть использованы в обменных процессах только в комбинации с водой. Значительные количества воды содержатся в вакуолях. Многочисленные органические и неорганические вещества находятся в растении в виде водных растворов. Именно вода в клетках определяет форму и упругость растений. Вместе с водой в организме транспортируются растворенные вещества. Вода дает возможность растению использовать уже накопленные углеводы и создавать новые.

Важной особенностью растений является превращение солнечной энергии в энергию химических связей. Главными исходными соединениями для синтеза сложных молекул служат вода и углекислый газ. Именно из них под действием солнечного света в зеленых клетках растений образуются сложные органические соединения, обладающие запасом химической энергии.

Первая стадия образования органических веществ из неорганических под действием света носит название фотосинтеза и в самом элементарном виде выражается схемой:



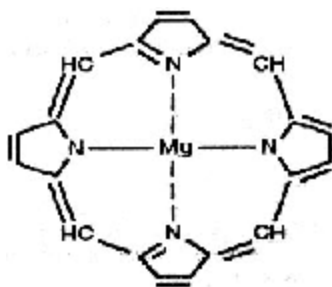
Понятие «фотосинтез» — это целая цепь реакций от поглощения исходных реагентов и световой энергии до образования органических веществ. Эта цепь длинная и сложная. Мы не стремимся описать полностью процесс фотосинтеза, дадим лишь упрощенное представление об основных этапах этого сложного процесса и внешних условиях, влияющих на ход реакций.

В процессе фотосинтеза можно выделить две последовательные серии реакций; первая серия «быстрых» реакций происходит на свету и зависит от интенсивности освещения; другая серия состоит из ряда более медленных реакций, идет с поглощением тепла и может происходить без света.

Прежде чем рассматривать реакции ассимиляции CO_2 , необходимо ознакомиться с частями клетки, принимающими участие в этих процессах.

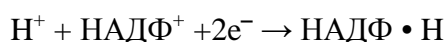
Под микроскопом хорошо заметно, что зеленый пигмент в клетке не распределен равномерно, а сосредоточен в мелких телах, называемых хлоропластами. Они и определяют зеленую окраску листа. В свою очередь, цвет самих хлоропластов — это цвет зеленого пигмента хлорофилла. Хлорофилл кажется зеленым, потому что из потока падающего света он поглощает лучи в красной и синей зонах и отражает зеленые, которые уже и воспринимаются глазом. Кроме хлорофилла в хлоропластах содержатся желтые, оранжевые и бурые пигменты, называемые каротиноидами. Они

играют вспомогательную роль в фотосинтезе, поглощая свет с другими длинами волн и передавая энергию хлорофиллу.



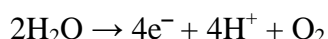
Молекула хлорофилла состоит из атомов водорода, углерода и азота, а в центре молекулы расположен атом магния. Упрощенная формула хлорофилла выглядит так:

Структура хлорофилла определяет его роль в процессе фотосинтеза — эффективно поглощать световую энергию и передавать ее другим молекулам. Хлорофилл поглощает единицу световой энергии, при этом один из его электронов, приобретая энергию отрыва, отделяется от молекулы и участвует в процессе восстановления никотинамидадениндинуклеотидфосфата (НАДФ⁺) с участием катионов водорода. НАДФ при этом переходит в свою восстановительную форму:



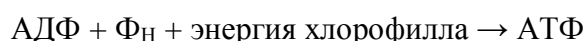
При такой реакции активизированные световой энергией электроны используются для присоединения иона водорода к переносчику водорода.

Восстановительный процесс, связанный с потерей хлорофиллом электрона, компенсируется окислением молекул воды:



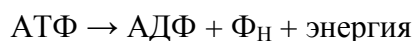
Образующийся в результате разложения кислород — побочный продукт фотосинтеза. Часть его растения используют для дыхания, а излишки выбрасывают в окружающую среду.

Важную роль в процессе фотосинтеза играет образование аденозинтрифосфата (АТФ). Энергия, поглощенная хлорофиллом и другими пигментами, концентрируется в молекулах хлорофилла. При этом отдельные активные электроны, последовательно переходя с одного потенциального уровня к другому, более высокому, получают большой запас энергии, которая используется для образования высокоэнергетических фосфатных связей в молекуле АТФ, образующейся из адениндифосфата (АДФ) и неорганического фосфата (Ф_Н)



АТФ служит источником энергии для химических реакций, с их помощью происходит освобождение клетки от отходов, он выполняет транспортные и многие другие функции. За счет запаса АТФ клетка может синтезировать питательные вещества, аккумулируя, таким образом, энергию и при необходимости использовать этот запас энергии для образования новых молекул АТФ.

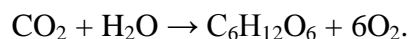
В молекуле АТФ имеются две высокоэнергетические фосфатные связи. При их разрыве высвобождается большое количество энергии. Обычно от АТФ отрывается только одна из фосфатных групп, при этом образуется аденозиндифосфат (АДФ) и свободный неорганический фосфат Ф_Н:



Итак, конечными продуктами световых реакций фотосинтеза являются НАДФ · Н и АТФ. Эти соединения на следующей стадии используются соответственно как восстановитель и источник энергии для превращения СО₂ в сахар. Этапы, из которых складывается это превращение, известны под общим названием «темновых реакций фотосинтеза».

Ассимиляция CO_2 происходит в процессе темновых реакций, где для образования молекул сахара с шестью молекулами углерода используется энергия АТФ и НАДФ • Н, запасенная в ходе световых реакций. В реакциях, протекающих в хлоропласте, одновременно принимают участие многие молекулы. Часть этих молекул соединяется друг с другом, образуют шестиуглеродные сахара, в том числе молекулы глюкозы и фруктозы (состав обеих $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), которые, соединяясь между собой, образуют сахарозу, целлюлозу и другие органические молекулы. Другая часть используется для синтеза аминокислот. И третья группа вовлекается в длинную цепь реакций, в результате которых из пяти трехуглеродных молекул образуются три пятиуглеродные. При этом замыкается цикл темновых реакций.

Суммируя уравнения всех промежуточных световых и темновых реакций фотосинтеза, можно получить уравнение, выражающее стехиометрию процесса:



Для того, чтобы происходил процесс фотосинтеза, клеткам зеленых растений необходим постоянный приток воды, углекислого газа, лучистой энергии, а также минеральных веществ, которые участвуют в промежуточных стадиях и играют роль катализаторов. При наличии этих исходных составляющих может нормально осуществляться фотосинтез и в дальнейшем из шестиуглеродных сахаров (глюкозы, фруктозы) будут образовываться ткани растений. Недостаток одной из составляющих не может быть компенсирован избытком других (скорость процесса определяется по самому слабому звену). Для того чтобы добиться успехов в культивировании растений, надо учитывать все факторы, влияющие на фотосинтез. Аквариумные растения не могут испытывать недостатка в воде. Вопросы, связанные с подачей углекислого газа в условиях аквариума, нами уже рассмотрены. Напомним, что основными источниками CO_2 являются рыбы и другие водные животные; атмосферный углекислый газ; CO_2 , выделяемый растениями в ночное время; углекислый газ, поглощаемый из растворенных в воде гидрокарбонатов кальция и магния.

Необходимые растениям другие минеральные вещества содержатся в воде, поэтому вопрос об их использовании гидрофлорой напрямую связан с химическими свойствами и составом воды и будет рассмотрен в следующей главе.

ЧТО НУЖНО ВОДНЫМ РАСТЕНИЯМ

Как мы уже знаем, для обеспечения жизнедеятельности обитателей аквариума необходимо постоянное поступление питательных веществ. Из продуктов питания живые организмы выделяют необходимые им молекулы или атомы отдельных элементов и используют их в процессе жизнедеятельности. Для построения органических структур необходимы элементы постоянно входящие в состав живого организма и имеющие определенное биологическое значение. Эти элементы называются биогенными. Главными среди них являются кислород, составляющий приблизительно 41% массы растения (здесь и далее в главе указывается массовая доля элемента в сухом веществе), углерод (45,4%) и водород (5,5%). Помимо основных элементов в состав живого организма в достаточно больших количествах входят: азот, кальций, магний, калий, фосфор, сера, хлор и натрий. Они названы макроэлементами. Кроме них для жизнедеятельности организма в очень малых количествах необходим еще целый ряд микроэлементов, к которым относятся железо, медь, марганец, цинк, молибден, бор и некоторые другие. Успехи химического анализа значительно расширили перечень биогенных элементов. Некоторые из них имеют значение только для отдельных групп живых существ.

Как уже говорилось, все необходимое организм получает с питательными веществами. Для рыб, моллюсков и других животных питанием служат уже существующие органические вещества, входящие в состав корма. Они поступают в аквариум главным образом из внешнего мира. Небольшое количество пригодных для потребления животными органических веществ образуется в аквариуме. Но во всех случаях рыбы используют уже сформированный в сложные органические молекулы набор элементов. Эти молекулы, обладая большой энергией химических связей, несут в

себе тот запас энергии, который необходим для существования животного. Иначе обстоит дело с растениями. Все необходимые вещества они образуют только из компонентов, находящихся в аквариуме.

Формы, в которых находятся биогенные элементы, а также их концентрация, тесно связаны с химическими процессами, протекающими в аквариуме, и с физико-химическими свойствами воды. Например, водопроводная вода содержит значительное количество двухвалентного железа. Оно легко усваивается растениями. В аквариуме железо (II) быстро окисляется до трехвалентного и, вступая в реакцию с карбонатами и фосфатами, выпадает в виде трудно растворимого осадка и становится непригодным для питания растений.

Рассмотрим отдельные биогенные элементы, их содержание в воде и значение для растительных организмов.

Основная масса растения представлена веществами, состоящими из кислорода, углерода и водорода. Клеточные стенки, образующие скелет растения, состоят в основном из целлюлозы, запасы питательных веществ содержатся, главным образом, в виде сахара и крахмала. В состав всех названных веществ входят элементы О, С, Н.

Азот входит в состав всех белковых молекул и аминокислот. Содержание азота в среднем составляет 3%. Животные получают азот из животной или растительной пищи, а растения — в виде неорганических соединений, главным образом, нитратов (NO_3^-) и аммония (NH_4^+). Свободный азот из атмосферы недоступен водным растениям. Недостаток азота ведет к снижению содержания хлорофилла в листьях, в первую очередь в старых, к уменьшению размеров растения. В аквариуме, населенном рыбами, азотное голодание растений практически не встречается. Чаше наблюдается избыток азотных соединений.

На следующем месте после азота по потреблению стоит фосфор. Его содержание в растениях составляет около 0,23%. Фосфор входит в состав макроэнергетических соединений живого организма, например АТФ и АДФ. Фосфатные связи этих соединений позволяют накапливать энергию, запасать ее и использовать для образования сложных органических молекул, транспорта молекул и переноса энергии в клетке.

Основным источником фосфора для растений служат фосфаты. Наибольшее количество фосфатов находится в виде дигидрофосфат-ионов H_2PO_4^- . Некоторое количество фосфатов содержится также в виде ионов HPO_4^{2-} и PO_4^{3-} . Количественные соотношения этих ионов тесно связаны с кислотностью воды. Абсолютное содержание фосфора в водопроводной и природной воде составляет от 1 до 100 мкг/л. В аквариум фосфор попадает со свежей водой и кормом для рыб. Остатки органических веществ поступают в грунт, где преобразуются в неорганические фосфат-ионы и в таком виде усваиваются растениями. При недостатке фосфора в листьях накапливается красный пигмент антоциан, листья мельчают и становятся уже.

Значение биогенного элемента калия для растения многообразно. Он способствует нормальному протеканию фотосинтеза, участвует в образовании питательных веществ. Приблизительное содержание калия в растениях составляет 1,4%. Основная масса его находится в виде ионов K^+ , которые легко перемещаются через клеточные мембраны. Больше всего ионов калия содержится в листьях растений. Недостаток этого, элемента нарушает азотный обмен и приводит к отмиранию тканей.

Сера входит в состав некоторых аминокислот, которые в свою очередь являются составными частями белков. Кроме того, сера содержится в веществах, необходимых для осуществления различных окислительно-восстановительных реакций в процессе фотосинтеза. Содержание серы составляет приблизительно 0,35%. Она потребляется растениями главным образом в виде сульфат-ионов SO_4^{2-} . При недостатке этого элемента задерживается рост и размножение растения.

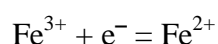
Содержание кальция в растении составляет 1,8%. Он входит в состав клеточных стенок в виде малорастворимых солей. Кальций играет важную роль в избирательной проницаемости клеточных мембран. Недостаток этого элемента приводит к недостаточной «плотности» мембран с точки зрения диффузии через них различных веществ. Если молодым растениям не хватает кальция, то они бледнеют и приобретают неправильную форму. В аквариумных условиях обычно недостатка кальция не наблюдается, т. к. он всегда содержится в водопроводной воде в достаточном количестве.

Большое значение в жизни растений имеет магний. Он входит в состав молекул хлорофилла. Содержание магния в растениях составляет 0,32%. При недостатке этого элемента листья желтеют от дефицита хлорофилла. Недостаток магния может создаваться при относительно высоком содержании кальция вследствие антагонизма между ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} . Во многих районах средней полосы нашей страны содержание магния в природной воде невелико, и оно быстро убывает при развитии растительности. Поэтому многим аквариумистам приходится вносить этот элемент в аквариумную воду.

Содержание хлора в растениях составляет 0,2%. В виде хлорид-анионов Cl^- он участвует в регуляции внутриклеточного давления. У некоторых растений содержание хлора невелико, его роль выполняют органические ионы, и он не является необходимым элементом. В некоторых случаях хлор стимулирует вспомогательные процессы фотосинтеза, прежде всего те из них, которые связаны с аккумулярованием и выделением энергии (однако точно его роль в этих процессах еще не определена). В природных водах всегда содержится достаточное для растений количество хлорид-ионов.

Содержание натрия в растениях составляет 0,12%. Несмотря на высокое содержание, его роль в жизни растения изучена недостаточно. Известно, что натрий способствует созданию высокого осмотического давления в клетках и является антагонистом калия. В воде этот элемент всегда присутствует в достаточных количествах в виде катионов натрия Na^+ .

Следующая группа питательных веществ — микроэлементы. Они входят в состав различных ферментов и принимают участие в биохимических реакциях. Железо содержится во всех растениях (массовая доля составляет 0,014%). Оно входит в состав многих важных растительных ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях, где используется способность железа резко переходить из двух- в трехвалентное состояние и обратно:



Эти ферменты участвуют в синтезе хлорофилла. При недостатке железа синтез хлорофилла затруднен, а при сильном недостатке листья могут стать совсем белыми. Заболевание, вызванное недостатком железа, носит название хлороза. Аквариумные растения часто страдают от этой болезни, т. к. в воде, богатой фосфатами, железо быстро выпадает в осадок. Обеспечение нормального питания железом — одна из наиболее важных задач при культивации водных растений.

Мы в течение ряда лет при культивации аквариумных растений используем различные минеральные подкормки, в том числе соединения железа. Наиболее эффективно применение комплексных соединений железа (II) с органическими комплексообразующими агентами, например, этилендиаминтетрауксусной кислотой {ЭДТА}. Химический анализ воды в аквариуме показывает, что особенно интенсивное поглощение комплексных соединений железа происходит в первые 12 ч после введения добавки. Затем, в течение трех суток, концентрация железа в воде постепенно снижается и становится приблизительно в 5—10 раз меньше исходной (сразу после введения добавки). Поэтому необходимо регулярно, не реже двух раз в неделю, подкармливать аквариумные растения железосодержащими препаратами.

Кроме ЭДТА в качестве комплексообразующих агентов применялись и другие органические соединения. Эффективность некоторых из них при нейтральной и щелочной реакции воды оказалась значительно выше, чем эффективность ЭДТА (рис. 15).

Содержание меди в растении составляет 0,0015%. Медь служит составной частью некоторых окислительных ферментов и белков, таким образом, способствуя росту и развитию растений. По нашим данным, медь довольно активно поглощается из воды аквариумными растениями: после внесения добавки, содержащей микроколичества сульфата меди (II), в течение 12—20 часов концентрация этого элемента в воде падает практически до нуля (анализ проводился с использованием высокоточных инструментальных методов).

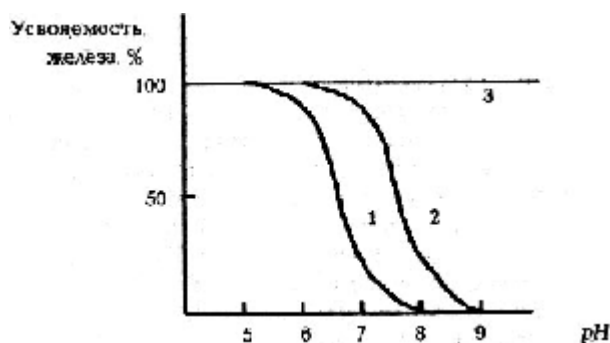


Рис. 15. Усвояемость комплексных соединений железа растениями при различной кислотности воды.

Комплексообразующие агенты: 1 - ЭДТА, 2 - диэтилентриаминпентауксусная кислота, 3 - этилендиаминдиуксусная кислота

Цинк — один из важных биогенных элементов, постоянно присутствует в тканях растений и животных. Его содержание в большинстве организмов составляет 0,01%. Он входит в состав фермента карбоангидразы, который служит катализатором гидратации CO_2 . Цинк участвует в синтезе растительного гормона — индолилуксусной кислоты, выполняет существенную роль в синтезе молекул РНК, регулирует рост растений, влияет на образование некоторых аминокислот, повышает содержание растительных гормонов — гиббереллинов, влияет на развитие яйцеклеток и зародышей. При отсутствии цинка растения остаются недоразвитыми.

Бора содержится в растениях в среднем 0,005%. Он необходим для их нормального развития. Недостаток бора приводит к гибели ростовых (меристемных) клеток и к отмиранию ростовых почек. Черешки и листья при этом становятся хрупкими, снижается содержание АТФ, и нарушаются окислительно-восстановительные процессы.

Марганец — распространенный в природе элемент, является постоянной составной частью живых организмов. В растениях содержание марганца колеблется от сотых до десятитысячных долей процента. Некоторые растения (ряска, чилим) способны накапливать значительные количества марганца. Этот элемент активирует ряд ферментов, участвует в процессах дыхания, фотосинтеза, биосинтеза нуклеиновых кислот. Недостаток марганца вызывает некрозы — отмирание растительных тканей.

Кроме перечисленных, в состав растений входит ряд других микроэлементов. Некоторые из них способствуют росту или принимают участие в биохимических реакциях. Так, с окислительно-восстановительными процессами связаны ванадий, никель, мышьяк. Ряд элементов принимает участие в ферментативных реакциях: кобальт, кадмий, литий. В состав растений также входят элементы, биологическая роль которых выяснена еще недостаточно.

Элементы, постоянно входящие в состав растений, можно разделить на три группы по изученности, роли и значению для организмов: элементы, образующие основные ткани растения, входящие в состав биологически активных соединений (ферментов, витаминов, гормонов, пигментов) — они незаменимы для растений (I группа); элементы, принимающие участие в

жизнедеятельности, но их роль недостаточно выяснена (II группа); элементы, присутствующие в растении как балласт, или их роль неизвестна (III группа). Такое деление элементов представлено в табл. 14.

Таблица 14 Содержание химических элементов в растениях.

I группа	II группа	III группа	Содержание (массовая доля) элементов в сухом веществе растений, %
C, O			> 10
N, H, Ca, K			1 - 10
Mg, Na, P, S, Cl			$10^{-1} - 1$
Fe, Zn, Mn		Al	$10^{-2} - 10^{-1}$
Cu, B	Sr, F, Br	Ba, Rb	$10^{-3} - 10^{-2}$
Ni, V		Ti, Pb	$10^{-4} - 10^{-3}$
I, Co, Ho, Se	Cd, As	Cr, Cs, Sn, Bi	$10^{-5} - 10^{-4}$
	Li	Be, Ga, Ag, Sb, La, W, U	$10^{-6} - 10^{-5}$
	Hg	Au, Zr, Hf	$< 10^{-6}$

Содержание тех или иных элементов зависит не только от видовых особенностей растения, но и от состава среды, от концентрации и растворимости химических соединений. При избытке ряда необходимых веществ в воде они могут проявлять токсические свойства (Mg, B, Zn, Cu, Fe и др.). Излишнее количество даже такого важного компонента питания, как азот, ведет к нарушениям биохимических процессов. Симптомы отравления растения элементом часто совпадают с признаками недостатка этого же или другого элемента. Поэтому любыми видами минеральной подкормки следует пользоваться очень осторожно. Аквариум — это замкнутое пространство, и при неправильном внесении удобрений или микроэлементов концентрация какого-либо элемента может быстро выйти из пределов, полезных растению: добавка станет опасной для обитателей аквариума и даже для самих растений. Избыток макроэлементов может привести к бурному развитию водорослей и ухудшению биохимического режима аквариума.

Кроме воздействия на организмы, ряд элементов взаимодействует между собой, вступая в химические реакции и образуя неусваиваемые растениями соединения. Эти процессы быстро протекают в аквариумной воде, богатой продуктами разложения органических веществ. Фосфаты и сульфаты за короткий промежуток связывают ряд необходимых растению ионов металлов с образованием нерастворимого осадка.

Некоторые элементы являются антагонистами. Находясь в растворе и имея одинаковый по знаку заряд, они взаимно подавляют присущее каждому из них действие. Среди таких антагонистических пар можно назвать ионы натрия и калия, железа и марганца, кальция и магния.

Степень использования питательных веществ сильно зависит от pH среды, что мы уже видели на примере усвоения комплексных соединений железа. В кислой среде, когда pH меньше 6, поглощение катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ и др.) затрудняется из-за антагонистического действия ионов водорода. Некоторые элементы (Fe, Al) в кислой среде имеют избыточную доступность, и, если в грунте их содержится слишком много, они могут оказывать токсическое воздействие на растения и рыб. При pH больше 7 возможно образование нерастворимого фосфата кальция, что приводит к ухудшению фосфорного обмена. В этих же условиях марганец переходит в четырехвалентные соединения, которые не усваиваются растениями. При pH выше 8 железо переходит в нерастворимые гидроксиды.

Наиболее благоприятным для большинства аквариумных растений следует считать значение pH 6,5 — 7,5. При такой кислотности воды большинство элементов находится в состоянии, доступном

для растений, а также создаются благоприятные условия для усвоения углекислого газа. Значение рН аквариумной воды близкое к 7 устанавливается обычно при жесткости воды dGH от 6 до 10.

Для обеспечения гидрофлоры питанием достаточно только минеральных (неорганических) веществ. Из биогенных элементов растение создает свой организм, синтезирует витамины, гормоны, аминокислоты и другие сложные кислоты. Однако в питании растений могут участвовать и органические вещества, в основном те, которые содержатся в грунте. Они главным образом состоят из остатков отмерших и разлагающихся растительных и животных тканей. При разложении сложных органических веществ образуются более простые структуры, которые могут использоваться растением. При этом организм выбирает те элементы, которых недостаточно в питающей среде. Если применяется комплексное минеральное питание, содержащее все необходимые растению вещества, то органические соединения не нужны.

В ряде случаев в состав удобрений для аквариумных растений включаются витамины. Аквариумисты, добавляющие витаминные препараты в аквариумную воду, иногда наблюдают улучшение роста растений. Порой положительный эффект можно объяснить наличием некоторых микроэлементов, например кобальта в витамине В₁₂. Поэтому такие добавки при достатке минерального питания не нужны: здоровое растение может создать для себя все необходимые витамины и другие биологически активные вещества. Добавки органических удобрений и витаминов аквариумистами могут применяться только в специальных случаях, Например, для создания необходимых условий для одного или нескольких растений.

ВОДА И ЖИВЫЕ КЛЕТКИ

При содержании рыб и растений в аквариумах часто встает вопрос о солености воды. Почему одним нужна соленая вода, а другим — пресная? Почему многие растения плохо растут в подсоленной воде? Каким образом изменить соленость воды? Правильное решение этих вопросов определяют оптимальные условия жизнедеятельности обитателей аквариума, поскольку обмен веществ между организмом и окружающей средой тесно связан с химическим составом воды.

Синтез веществ, процессы дыхания, разложения сложных соединений проходят в клетках живых организмов. В процессе жизнедеятельности постоянно расходуются одни вещества и образуются другие. Часть вновь образовавшихся молекул остается в клетке, часть транспортируется в другие клетки или выводится в окружающую среду. Для обеспечения процесса жизнедеятельности необходим постоянный подвод исходных составляющих и отвод из клетки побочных продуктов, образовавшихся в ходе биохимических реакций.

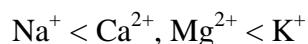
Транспорт молекул осуществляется по специально организованным передающим тканям. Перед тем, как попасть в клетку или выйти из нее, все вещества должны пройти через клеточную мембрану, отделяющую клетку от внешней среды. Процессы обмена веществ на мембранах тесно связаны с химическим составом воды. Содержание различных солей оказывает влияние на то, какие вещества и в каких количествах будут поступать в клетку или выходить из нее. Продукты, необходимые для жизнедеятельности организма, обычно транспортируются через мембрану в виде заряженных ионов. Транспорт может осуществляться активно — с использованием богатых энергией соединений или пассивно, за счет собственной кинетической энергии ионов. Пассивный транспорт — диффузия различных ионов через мембрану — осуществляется с разной скоростью. Относительная способность разных ионов диффундировать через мембрану определяет коэффициент проницаемости P . Легче других проникает через мембраны ион K^+ , поэтому значение P для K^+ условно принимают за 1,0. У водоросли *Nitella* коэффициент проницаемости для Na^+ и Cl^- равны 0,18 и 0,033 соответственно. Скорость проникновения ионов через мембрану зависит также от разности концентраций данного иона по обе стороны мембраны. Чем больше разность концентраций, тем больше ионов диффундирует в сторону меньшего их содержания. Кроме диффузии, идущей за счет разницы концентраций, существует активный транспорт ионов, при котором движение осуществляется за счет разности электрохимических потенциалов через

специальные участки мембраны. Это движение может осуществляться и от меньшей концентрации к большей. Движущей силой процесса в этом случае является запас энергии в форме молекул АТФ.

Упрощенно структура живой клетки выглядит следующим образом: внутри клеточной стенки (сравнительно жесткого образования) располагается протопласт (живая часть клетки), в котором заключены все клеточные организмы, находящиеся в сложном растворе — цитоплазме. Клеточная стенка имеет избирательную проницаемость для различных ионов, то есть различные вещества проникают сквозь мембрану с разными скоростями. Это определяется их различной растворимостью отдельных составляющих мембраны и различными скоростями перекачивания при активном транспорте. В результате образуется неравномерное распределение ряда веществ по обе стороны мембраны. Клетки растений активно накачивают калий, а близкий к нему натрий, наоборот, выталкивается в окружающую среду. Из-за более высоких концентраций некоторых ионов внутри клетки создается осмотическое (диффузное) давление, характеризующее стремление раствора, оторгнутого мембраной, к снижению концентрации (разбавлению). Осмотическое давление может достичь десятков атмосфер. Это давление создает напряженное состояние клеточной оболочки. Напряжение мембраны зависит также от внешнего раствора. В зависимости от отношения осмотического давления внешнего раствора к давлению в клетке растворы подразделяются на три группы. Изотонические — в них разница давлений невелика (менее 0,5—1,0 атм); гипертонические — их давление выше, чем в клетке; противоположные им — гипотонические. Если клетка находится в гипертоническом растворе, то из нее происходит откачка воды, что приводит к уменьшению размера клетки и сжатию мембраны. Из гипотонических растворов вода поступает в клетки, что приводит к их набуханию (вплоть до разрыва мембраны) и потере части активных веществ.

Совокупность процессов регулирования осмотического давления жидкостей организма носит название осморегуляция. Этот процесс обнаружен у большинства организмов. У пресноводных рыб вода вместе с содержащимися в ней солями активно поступает в клетки через поверхность тела и жабры и выводится из организма через почки. У солоноводных рыб попавшая в организм вода выводится через кожные покровы, а NaCl выводится главным образом через жабры за счет специальных желез. Водные растения и пресноводные рыбы удовлетворяют потребность организма в ионах, поглощая их непосредственно из воды. Если она не содержит необходимые элементы, то при нормальном соотношении осмотических давлений происходит изменение содержания отдельных элементов, то есть изменение отношения ионов в организме. В ряде случаев это приводит к нарушению биохимических процессов.

В ходе экспериментов с пресноводными рыбами обнаружено, что они неплохо переносят изотонические растворы, полученные разбавлением морской воды, в то время как гипотонические растворы одной из солей — калия, магния, натрия или кальция — действовали смертельно. Был получен ряд токсичности ионов основных металлов:



Опыты показали, что воздействие на рыб оказывает содержание Na^+ в крови. При повышении концентрации Na^+ в воде соответственно увеличивается его содержание в крови, а содержание K^+ уменьшается. При повышении концентрации калия происходит обогащение организма натрием. Так что калий оказывает косвенное токсическое воздействие. Обогащение рыб натрием дифференцировано в зависимости от пола рыбы. Кровь самок быстрее обогащается натрием (возможно за счет реакции яичников).

При поглощении Na^+ требуется большое количество энергии. При ассимиляции Na^+ организмом происходит его замещение на NH_4^+ . Аммоний может выделяться организмом из органических азотсодержащих соединений. Таким образом, повышенное потребление натрия приводит к нарушению белкового обмена. У растений повышение концентрации натрия приводит к блокаде

поступления ионов калия через мембраны клеток. Растение может испытывать калийное голодание даже при достаточно высоком абсолютном содержании калия.

Анионы также имеют различное воздействие на обитателей. Так, нитраты для рыб значительно более ядовиты, чем хлориды. Для растений наиболее токсичны хлорид-ионы Cl^- , затем следуют сульфат- и карбонат-ионы (SO_4^{2-} и CO_3^{2-}).

Кроме осмотического давления и абсолютного содержания того или иного иона в воде большое физиологическое значение имеет соотношение ионов, растворенных в воде. Большинство природных вод имеет приблизительно равное суммарное содержание одновалентных и двухвалентных ионов. К такому соотношению приспособлены процессы жизнедеятельности водных организмов. Конечно, в различных регионах земного шара состав воды различен, но организмы имеют возможность приспосабливаться к некоторым изменениям химического состава.

В основном, требования к соотношению ионов необходимо учитывать в условиях аквариума, хотя отклонение от соотношения ионов 1:1 может превысить 100%. Кроме соотношения одно- и двухвалентных ионов имеет значение и соотношение внутри этих групп. В первую очередь это относится к четырем ионам: K^+ и Na^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+} . Эти ионы попарно близки по химическим свойствам, и поэтому относительно транспорта через мембраны клеток являются антагонистами. Повышение относительной концентрации одного из ионов приводит к снижению поступления в клетку другого. Практическое применение сказанного выше означает, что при приготовлении воды необходимо пользоваться всеми необходимыми элементами.

Итак, аквариумисту важно знать еще два параметра воды; общее солесодержание и соотношение основных ионов. Общее солесодержание определяет осмотическое давление, но эту величину трудно измерить практически. Поэтому удобнее для определения общего содержания растворенных солей использовать свойство водных растворов проводить электрический ток. Чем больше в воде диссоциированных молекул, тем выше ее электропроводность. Единицей измерения служат сименс (См) или микросименс (мкСм). Чаще всего ее выражают в виде удельной электропроводности (отнесенной к единице длины проводника) K в мкСм/см. Значение электропроводности может быть легко измерено в домашних или полевых условиях, поэтому она получила широкое распространение в литературе по аквариумистике. Конечно, она не дает информации о соотношении ионов между собой, но если считать, что оно выдерживается в приемлемых границах для большинства природных вод или учитывается при искусственном составлении, то этой величиной можно успешно пользоваться. В табл. 15 приведены значения электропроводности воды из некоторых тропических природных водоемов. Как правило, чем выше жесткость воды, тем больше ее удельная электропроводность.

Таблица 15: Жесткость и электропроводность воды в некоторых природных водоемах.

Название реки	Регион	Общая жесткость, dGH	Удельная электропроводность, мкСм/см
Верде	Мексика, Северная Америка	53	1680
Чико	Панама, Центральная Америка	6,7	275
Нгон	Габон, Африка	12	360

Значением электропроводности воды можно успешно пользоваться при внесении в нее различных солей. Для этого требуется приготовить маточный раствор, содержащий необходимые элементы в сбалансированном количестве и вводить его в воду до получения заданной солености, контролируя ее по значению λ . Эту методику можно использовать при увеличении солености дистиллированной воды. Следует помнить, что подсаживание воды только одним из компонентов — ошибка, которая может привести к нежелательным последствиям.

ДОЛГО ЛИ ЖИВЕТ АКВАРИУМ?

Этот вопрос волнует, пожалуй, любого аквариумиста. Ответить однозначно, назвав определенное количество лет, невозможно, т. к. продолжительность существования аквариума определяется многими факторами, в том числе и гидрохимическими процессами, протекающими в воде и грунте.

Аквариум является микромоделью гидроэкосистемы. И, несмотря на множество различий между природным водоемом и аквариумом, основные законы развития у них общие, во многом сходны и протекающие процессы.

Приблизительно закон развития экосистемы можно сформулировать следующим образом; любая экосистема не может существовать вечно; пройдя через условно выделенные три стадии развития (становления, стабильного развития, деградации), переходит в другую экосистему.

Для наглядности рассмотрим эти процессы на примере условного озера. С зарождением жизни в нем постоянно происходит накопление донных осадков, связанных с гибелью животных, растений. Часть осадочных пород приносится выпадающими реками и дождями, которые смывают различные вещества с суши. Озеро постепенно мелеет, концентрация биогенных элементов в нем возрастает. Население озера становится «богаче», но не за счет образования новых видов, а за счет интенсивного роста числа доминирующих форм. Одновременно из флоры и фауны выпадают представители, которые наиболее требовательны к чистоте воды. Озеро еще сильнее мелеет, подводные растения прибрежной зоны (нимфеи, потамогетоны, роголистники и др.) разрастаются по направлению к центру, пока не покроют всю площадь. Затем начинается наступление надводных растений (тростник, камыш, рогоз и др.) и происходит постепенное заболачивание водоема. Таким образом, совершается переход из одной экосистемы (озера) в другую (болото). Конечно, явления в реальной жизни сильно отличаются от приведенной схемы. Например, на определенных стадиях процессы могут прерываться и протекать далее в обратном направлении. Однако в целом развитие экосистемы есть определенно направленный процесс, подчиняющийся законам природы. Аналогично происходит развитие и домашней экосистемы — аквариума.

В любую экосистему непрерывно поступают различные виды энергии: солнечная (в аквариуме — энергия ламп освещения), механическая, химическая и др. В ходе различных протекающих процессов энергия расходуется, трансформируется или аккумулируется (например, в виде энергии химических связей). Для нормального (сбалансированного) существования экосистемы необходимо, чтобы поступающая энергия равнялась потребляемой и уносимой. Такое равенство бывает лишь в идеальных системах. В реальной ситуации сбалансировать приток энергии с ее затратами практически невозможно.

Обычно аквариум считают изолированной системой. Однако это далеко не так. Аквариумист постоянно вмешивается в его жизнь; регулирует температуру, химический состав воды, газообмен, определяет по своему вкусу количественный и качественный состав обитателей.

Рассмотрим, как протекают указанные три периода развития экосистемы в аквариуме. Итак, первый этап — становление системы. В природном водоеме это длительный период. Аквариумисты стараются пройти его как можно быстрее. Практика показывает, что он длится от недели до двух месяцев. Этот период важен, так как в нем закладывается фундамент его дальнейшего существования. В это время в аквариум помещается грунт, заливается вода. Обычно наблюдается интенсивное развитие микроорганизмов, т. к., с одной стороны, свежая вода богата питательными веществами, а с другой — первые поселенцы не имеют врагов и конкурентов. Обычно, через 2—3 дня вода приобретает молочный цвет из-за активного размножения бактерий. Еще через несколько дней ее прозрачность восстанавливается. Для ускорения этих процессов обычно рекомендуется добавить немного воды и горсть грунта из благополучного аквариума со сложившимся режимом.

Через 5—6 дней после закладки грунта и заполнения аквариума водой сажают растения, а на следующий день запускают рыб (откладывать помещение в аквариум рыб не следует, т. к. растениям необходим источник углекислого газа).

Растения после небольшого шока, вызванного пересадкой, начинают расти. Приблизительно через неделю можно вносить в воду подкормку, содержащую биогенные микроэлементы. В первое время в аквариуме следует держать максимально возможное число рыб. Со временем, после накопления в грунте достаточного количества органических веществ, число рыб можно сократить. Этим мы поддерживаем энергетический баланс, т. к. все большее количество энергии будет выделяться в результате разложения накопившихся органических частиц. При избытке органических веществ в аквариуме возникает необходимость уменьшения их количества, для чего удаляют гниющие листья и мусор и регулярно подменивают воду.

Еще одним мощным источником поступления энергетических веществ в аквариум является корм для рыб, энергия которого, расходуется на строительство тела гидробионтов, а также является «топливом», сжигаемым гидробионтами при движении. Внесенный в избыточном количестве корм приводит к дисбалансу экосистемы аквариума. Поэтому тем, кто собирается в декоративном аквариуме заниматься разведением рыб или подращивать мальков, мы этого делать не рекомендуем, т. к. в это время рыб следует интенсивно кормить.

Важным источником энергии, поступающей в аквариум, является освещение. Первое время при становлении аквариума (когда растения еще не разрослись) мощность ламп должна быть небольшой, т. к. часть энергии освещения, не поглощенная высшими растениями, способствует развитию водорослей. По мере разрастания растений количество ламп можно увеличить.

Предположим, что в аквариуме все благополучно: водоросли не появились, освещение выбрано правильно, растения прижились и активно развиваются, рыбы адаптировались к новым условиям. Такое состояние означает переход во второй этап развития экосистемы. Четкую временную границу между первым и вторым этапами провести невозможно.

В популярной литературе второй этап устойчивого состояния аквариума часто характеризуют термином «биологическое равновесие». Однако этот термин неудачен. Несмотря на то, что аквариум в этот период довольно стабилен, энергетического равновесия (равновесия поступающей и выходящей энергии) нет: постоянно происходит накопление одних веществ и использование других. Более удачным, как нам кажется, является термин «устойчивое состояние аквариума». Действия аквариумиста в этот период развития экосистемы сводятся к профилактическим мероприятиям: прореживанию разросшихся растений, удалению отмерших листьев, периодической чистке дна, подмене воды, поддержанию светового и температурного режимов. В этот период аквариум обладает способностью и к саморегуляции. Например, подмена до одной трети части воды проходит практически незаметно и без отрицательных последствий.

Постепенно в аквариуме, несмотря на все профилактические мероприятия, происходит накопление отходов жизнедеятельности растений, рыб и других животных. Те виды водных организмов, которые наиболее требовательны к чистоте воды, например, некоторые виды апоногетонов — популярных аквариумных растений — перестают расти, а виды, предпочитающие заиленные грунты, например нимфеи, интенсивно разрастаются, заполняя аквариум. В какой-то период развития со дна начинают подниматься пузырьки с характерным неприятным запахом. Это означает, что экосистема переходит в третий этап развития, т. е. начинает деградировать. Необходимо проводить обновление и основательную чистку аквариума, а иногда организовывать его заново.

Описанный процесс развития экологической системы в аквариуме можно проиллюстрировать графиком, представленным на рис. 16. Участки IА и IБ соответствуют первому этапу развития системы — становлению. IА — период заполнения аквариума, посадка растений, рыб и других

обитателей. На этом этапе грунт еще беден органическими веществами, развитие растений протекает очень медленно (только за счет веществ, имевшихся в залитой воде).

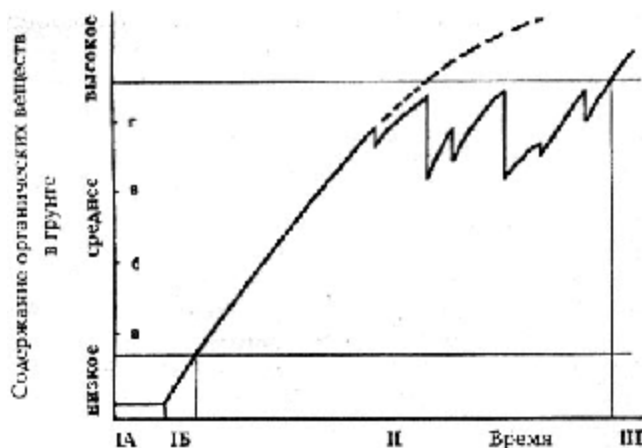


Рис. 16. Периоды развития экосистемы аквариума.

На графике отмечено оптимальное содержание органических веществ в грунте для хорошего роста некоторых аквариумных растений: а — апоногетоны; б — криптокорины; в, г — длинностебельные растения.

С началом кормления рыб в грунте появляются органические остатки, подвергающиеся разложению (участок IБ). В аквариуме накапливаются минеральные вещества (нитраты, фосфаты и др.), они служат питанием для растений. Окончанием этапа становления экосистемы можно считать нормальную скорость развития растений, предпочитающих свежую воду (апоногетоны). Стадии стабильного развития аквариума соответствует участок II графика. Для этого этапа характерно умеренное содержание органики в грунте, в зависимости от которого достигаются оптимальные условия развития отдельных групп растений. Продолжительностью второго этапа можно управлять, периодически проводя подмену воды, чистку аквариума и удаляя из грунта накопившийся органический материал. Этим мероприятиям соответствуют резкие скачки на графике. Таким образом, можно поддерживать аквариум в том состоянии, которое необходимо аквариумисту.

Как часто необходимо подменивать воду и чистить грунт? Однозначно ответить на этот вопрос нельзя. Это зависит от плотности посадки рыб и растений, от наличия фильтрации, продувки, интенсивности освещения и многих других факторов. Здесь аквариумист должен сам определить периоды между профилактическими мероприятиями и их интенсивность для своего водоема.

При дальнейшем увеличении содержания органических веществ в грунте начинаются процессы гниения, повышается содержание аммиака и нитратов в воде вплоть до достижения предельно допустимых концентраций. Это означает начало третьего этапа развития — деградации. Содержать аквариум в таком состоянии нельзя.

Если подвести итоги сказанного, то следует еще раз подчеркнуть: для правильного содержания аквариума необходимо, чтобы потребности обитателей аквариума в корме и минеральных добавках удовлетворялись умеренно, и постоянно проводились работы, связанные с упорядочением системы. На практике это выражается в регулярной частичной подмене воды, чистке грунта и аквариумных фильтров, сборе отмерших частей растений и рыб, удалении избыточного корма. Если вы правильно и вдумчиво будете выполнять эти простейшие операции, аквариум будет вас радовать не один год. Максимальные сроки «жизни» аквариумов, как сообщают различные источники, составляют не один год, иногда до 15 лет. Однако наш опыт показывает, что и это не предел. Все зависит от знаний, умений и трудолюбия аквариумиста — можно достичь еще более длительного срока существования домашнего водоема.

ОТ АМАЗОНКИ ДО АМУРА

Популярным среди любителей типом декоративных аквариумов является, так называемый, биотопный, который представляет собой модель водоема из определенной области земного шара. Для его оформления используются рыбы, растения, водные животные и характерные элементы подводного ландшафта данного региона. Наибольшее распространение получили следующие биотопные аквариумы: «Южная Америка: «Центральная Америка», «Юго-Восточная Азия», «Великие африканские озера» и некоторые другие.

Современное развитие аквариумистики, имеющийся у любителей набор рыб и растений позволяют расширить число возможных биотопных аквариумов, причем могут быть значительно сужены регионы, которым они соответствуют. Возможно создание водоемов, характерных для некоторых стран (или их частей), островов, отдельных рек и озер, как, например, «Амазонка» или ее отдельные притоки, «Южный Таиланд», «Шри-Ланка», «Борнео», «Западная Африка», «Амур» и другие. При устройстве таких аквариумов обязательно знание гидрохимического режима водоемов данного биотопа. Можно рекомендовать любителям выбирать такой биотоп, который близок по гидрохимическому составу воды к вашей местности. Следует обращать особое внимание на жесткость воды, изменять которую достаточно трудно.

В этой главе мы расскажем о некоторых типах биотопных аквариумов, причем описание некоторых из них будет впервые дано в отечественной популярной литературе. Основное внимание мы уделим тем факторам, которые наиболее существенны при устройстве аквариумов: географическим и климатическим условиям, свойствам и составу воды, описанию рыб, растений и других животных, характеристике берегового и подводного ландшафта. Итак, мы отправляемся в путешествие по водоемам от Амазонки до Амура.

Амазонка.

Южноамериканская река Амазонка — величайшая в мире река. Вместе с многочисленными притоками она занимает 7180 тыс. кв. км. Амазонка образуется при слиянии двух рек — Мараньон и Укаяли. Вместе с р. Мараньон она имеет длину 6400 км, а вместе с р. Укаяли свыше 7000 км. Среди притоков Амазонки около 20 имеют длину более 1,5 тыс. км.

Исток Амазонки находится в Андах. Бассейн реки занимает обширное пространство на Амазонской низменности (Амазонии) и находится в зоне влажных вечнозеленых тропических лесов. Здесь исключительно разнообразен животный и растительный мир. В водах Амазонки и ее притоков обнаружено более 2000 видов рыб, многие из которых представляют интерес для аквариумистов.

Вода Амазонки различается по виду и составу в зависимости от региона. Так, в западной части (ближе к истоку), где Амазонка течет по горной местности, вода мутная из-за взвешенных частиц глины. Свойства воды в этом регионе таковы: рН 6,0—7,0; общая жесткость — до 1,5 dGH; карбонатная жесткость — до 0,5 dKH.

В низменной средней части Амазонки вода прозрачная, однако обычно окрашена в различные оттенки желтого, коричневого или зеленого цветов в зависимости от окружающей местности, грунта, цвета воды в притоках. Гидрохимические показатели воды этой части Амазонки таковы: рН 4,0—6,8; общая жесткость 0,2—1,0 dGH; карбонатная жесткость 0,1—0,3 dKH. Годовые колебания температуры воды в Амазонке и ее притоках составляют от 18 до 30° С.

Таким образом, вода в Амазонке и ее притоках мягкая со слабокислой или кислой реакцией. Иногда аквариумистам бывает затруднительно приготовить такую воду для южноамериканских обитателей. В табл. 16. приведен катионный и анионный состав воды Амазонки и некоторых водоемов России.

Судя по табл. 16, лишь в северных водоемах (реки Печора и Нева) вода по составу приближается к воде Амазонки. Во многих районах: нашей страны вода жесткая и имеет более высокую общую соленость. Для содержания рыб и растений из Амазонки допустимо использовать воду средней жесткости, хотя более мягкая вода всегда предпочтительнее. Разведение многих видов проводится только в очень мягкой и практически полностью обессоленной воде. Поэтому при содержании и разведении многих обитателей Амазонки приходится сталкиваться с проблемой подготовки воды (обессоливание, насыщение органическими кислотами и т. д.).

Таблица 16. Сравнение химического состава и свойств воды в Амазонке и некоторых водоемах России

Название реки	Сумма Na ⁺ + K ⁺ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л
Амазонка	3,3	5,4	0,5	18,1	0,8	26
Нева	2,8	9,6	2,2	26,2	8,1	6,0
Печора	3,2	4,6	2,1	24,4	2,6	3,0
Волга (г. Чебоксары)	39,0	50,5	13,1	137,2	66,6	20,5
Ока (г. Муром)	21,2	68,1	16,5	195,2	67,7	34,9
Дон (г. Аксай)	92,8	60,9	33,6	174,5	179,2	102,0
Иртыш (г. Омск)	4,8	21,0	5,0	72,6	13,3	6,2
Енисей (г. Красноярск)	6,0	38,4	2,7	66,2	8,8	3,8

У аквариумиста, который собирается создать биотопный аквариум с представителями бассейна Амазонки, очень большие возможности. Можно создать домашний водоем «Амазонка» (может быть дано уточнение: верхняя, средняя или нижняя), но имеющийся аквариумный материал позволяет создавать экспозиции и отдельных притоков великой реки (например, Риу-Негру, Тапажос и др.). Общим в этих аквариумах будет гидрохимический состав воды (мягкая слабокислая вода), наличие разнообразной водной растительности из бассейна Амазонки и декоративных элементов (ветки, корни, коряги, вываренные в соляном растворе),

Биотопные аквариумы, посвященные Амазонке и ее притокам, обязательно должны быть декорированы водной растительностью, причем выбор у аквариумиста здесь очень большой. Прежде всего, надо рекомендовать различные эхинодорусы (*Echinodorus*). На переднем плане хорошо устроить «полянку» из низкорослых эхинодорусов группы «тенеллус»: *E. tenellus*, *E. austroamericanus* и *E. quadricostatus*. Для среднего и заднего плана используют крупные виды: *E. horisontalis*, *E. scaber*, *E. palaeifolius* var *latifolius*, *E. paniculatus*, *E. tunicatus*, *E. macrophyllus*. Кроме эхинодорусов желателен использовать другие виды растений, встречающиеся в бассейне Амазонки. Кабомбы (*Sabomba lortifolia* C. caroliniana), эйхорния диверсифолия (*Eichornia diversifolia*), маякка (*Mayacca fluviatilis*). Оживят подводный ландшафт краснолистные альтернантеры (*Alternantera* sp. *rosaefolia*, *A. sp. splendida*, *A. sp. lilacina*). Эти растения — садовые (гибридные) формы, но исходным материалом их выведения служили южноамериканские виды.

Выбор рыб для биотопного амазонского аквариума еще более разнообразен, причем многие виды широко распространены, их приобретение не составит большого труда. В аквариум можно поместить различных харациновых (неоны, миноры, родостомусы, орнатусы и др.), цихлид (дискусы, скалярии, цихлазомы и др.), сомиков (коридорасы, анциструсы и др.).

Кроме биотопных аквариумов «Амазонка» можно оформить водоемы, посвященные ее отдельным притокам. Мы расскажем о такой крупной реке бассейна как Риу-Негру.

Риу-Негру — крупный левый приток Амазонки, впадающий в нее в районе города и порта Манаус. В переводе название реки означает «Черная река». Действительно, вода в ней коричневого цвета из-за высокого содержания органических веществ. От места впадения Риу-Негру в Амазонку еще долго текут два потока: темный — вода из «Черной реки» и более светлый — вода Амазонки.

Вода в Риу-Негру кислая и практически обессоленная. Течение в реке медленное. Для создания экспозиции «Риу-Негру» можно использовать многих популярных аквариумных рыб, родиной которых является эта река и ее притоки. Аквариумистам можно рекомендовать несколько наборов рыб, которые близки по размеру и образу жизни, хорошо дополняют друг друга. Во-первых, можно рекомендовать достаточно мелких харациновых рыб: красного неона (*Paracheirodon axelrodi*), хилодуса (*Chilodus punctatus*), родостомус (*Hemigrammus rhodostomus*), вместе с которыми можно поместить сомиков рода анциструс (*Ancistrus*).

Последние уживутся и с более крупными представителями ихтиофауны Риу-Негру: цихлазомой северум (*Cichlasoma severum*), некоторыми геофагусами (например, *Geophagus jurupari*), и более редкими: лепоринусами (*Leporinus fasciatus*) и аностомусами (*Anostomus anostomus*).

Красивейшими аквариумными рыбами, которые водятся в Риу-Негру, являются дискусы (*Symphysodon discus*). Это крупные рыбы, длиной до 20 см. Аквариум должен быть объемом не менее 150 л, с мягкой водой (при разведении карбонатная жесткость должна быть практически нулевой). Биотопный аквариум с дискусами может содержать только этих рыб, но может быть дополнен и некоторыми достаточно крупными видами из Риу-Негру (например, из тех, что были перечислены выше).

Еще один интересный обитатель Риу-Негру — астронотус (*Astronotus ocellatus*). Эта рыба — один из крупнейших представителей домашних водоемов. В природе достигает длины 35 см (в аквариумах обычно мельче). Астронотусы достаточно хорошо приручаются: они узнают хозяина, позволяют себя погладить. Для содержания астронотусов нужен отдельный аквариум объемом более 300 л с мягкой водой. К сожалению, аквариумные растения с этими рыбами содержать практически невозможно: они все выдирают из грунта.

При создании биотопных аквариумов «Риу-Негру» в качестве декоративных элементов хорошо использовать обработанные коряги и корни деревьев. Воду желательно подтемнить, добавив в нее настой или отвар торфа или ольховых шишек (но в аквариуме с дискусами такие добавки лучше не использовать).

В царстве живородок.

Моллинезии, меченосцы, пецилии, гуппи... Названия этих рыб известны любому аквариумисту. Это одни из самых популярных обитателей домашних водоемов. Благодаря возможности получения межвидовых гибридов созданы новые формы живородящих рыб разнообразных цветов со специальными формами хвоста и плавников. Сейчас в аквариумах содержится очень мало природных видов, однако живородящие рыбы, которые содержатся в наших аквариумах, еще не забыли условий, в которых жили их далекие предки. Родиной многих живородящих рыб является Центральная Америка, где расположены Мексика, Гватемала, Сальвадор, Гондурас, Никарагуа, Коста-Рика и Панама. Большую часть суши занимают горы средней высоты, входящие в состав Кордильер. Центральная Америка лежит в тропическом и субэкваториальном поясах. Средние температуры самого холодного месяца в низменных местах составляют от 22 до 24 °С на севере и до 26 °С на юге, а самого теплого 26—28 °С. Этот район характеризуется большим количеством осадков: от 1500 до 3000 мм в год (местами — до 7000 мм в год) на юге. Главным образом осадки выпадают в летнее время. Обильные осадки питают большое количество рек и озер. Уровень воды в реках сильно колеблется в зависимости от сезона. На низменностях и в предгорьях до высоты

800 м господствуют вечнозеленые леса на латеритных почвах. Значительные участки местности заболочены.

Характерные условия Центральной Америки можно представить на примере лагуны Медиа-Луна. Лагуны Медиа-Луна и Лос-Антеоитос расположены в 10 км по направлению на юго-юго-запад от города Рио-Верде в мексиканском штате Сан-Луис-Потом. В этом районе до сих пор сохранились естественные условия, не подвергшиеся влиянию человеческой деятельности.

Лагуна Медиа-Луна представляет собой озеро серповидной формы длиной 10 км, максимальная ширина составляет 8 км, глубина в средней части озера — 36 м. Местность, окружающая озеро, плоская, водоем окружен болотами, однако слой торфа невелик. Особенно мало его в питающих ручьях и источниках. Из-за активной солнечной радиации вода очень сильно испаряется с поверхности водоемов, в сухое время дождевого питания не хватает для покрытия потерь воды.

Вблизи лагуны растут деревья, за ними начинаются сухие участки с пальмами и кактусами. Эти земли используются для выращивания сельскохозяйственных культур — таких, как маис, сахар, бананы, цитрусовые. Для их орошения применяются каналы, использующие воду прямо из лагуны. Главный канал на протяжении первого километра проходит в бетонном желобе, а затем разделяется на систему мелких питающих водоотводов. Некоторые водоотводы заболочены и не имеют выхода. В этих тупиковых каналах обнаружено много мест, богатых рыбой, часть которой пригодна для содержания в аквариуме. Это главным образом цихлиды, живородящие и икромечущие карпозубые. Участки каналов около берегов густо заросли водными растениями и очень напоминают классический голландский аквариум. Светло — зеленые небольшие кусты нимфей с подводными листьями контрастируют с темно-красными кустами людвигии, между растениями по определенным местам, как бы по тропинкам, движутся рыбы. Особенно много здесь гамбузий.

В самой лагуне бросается в глаза бледно-голубой цвет водной поверхности. Прибрежная линия водоема покрыта в несколько слоев плавающими листьями нимфей. Нимфеи растут на глубинах до 10 м, образуя, подводные формы листьев.

Химический анализ воды, проведенный в конце сухого сезона (конец марта), показал, что вода в лагуне исключительно жесткая с щелочной реакцией. При температуре воздуха 26 °С и воды 30,5 °С получены следующие результаты: рН — 7,9; общая жесткость — 53 °dGH; карбонатная жесткость — 11 °dKH; электропроводность — 1680 мкСм/см.

В зарослях нимфей обитают астинаксы (*Astynax mexicanus* и *A. fasciatus*), различные цихлазомы. Попадаются своеобразные гуудевые (роды *Goodea* и *Neotoca*), представляющие переходное или промежуточное звено между живородящими и икромечущими карпозубыми. Встречаются близкие к касаткам кошачьи сомы *Ictalurus mexicanus*. Всего в этой лагуне обнаружено 4 вида цихлазом, 5 видов харациновых, 6 видов живородок и еще 5 видов рыб других родов, пригодных для содержания в аквариуме.

Интересна для аквариумистов самая крупная река Панамы — Чучунак в провинции Дариен. Этот район расположен в Восточной Панаме. Чучунак — медленно текущая река шириной до 50 м. Вода в ней очень мутная, почти коричневая.

Рыб, пригодных для содержания в аквариуме, в реке мало. Значительно интереснее для аквариумистов ее притоки и мелкие ручьи. Там можно поймать как довольно крупных рыб, как *Narliae malabaricus*, так и мелких сомов, разнообразных харациновых и довольно редких в Центральной Америке *Cichlasoma tuynense*. Эти цихлазомы интересны тем, что не имеют внешних половых различий и попадают только в мутной воде.

Наиболее богат различными видами рыб крупный приток Рио-Чико. Место его впадения в Чучунак хорошо заметно благодаря потоку чистой воды. Течение в Рио-Чико значительно быстрее, чем

в Чучунаке, река неглубокая, дно каменистое, часто встречаются перекааты. Берега Рио-Чико густо заросли лесом. Местами у берегов наблюдается образование завалов из крупных стволов.

Cichlasoma tuyuense в основном русле притока не встречается, а живет только в грязных мелких лужах со стоячей водой, расположенных непосредственно у берегов. Зато в быстрой воде множество стаек харациновых рыбок из рода *Astynax*. Эти восхитительные мелкие тетры, похожие на голубых неонов, очень интересны для аквариумистов. В мелких местах, где вода почти стоячая, обитают живородящие рыбки. На каменистых участках русла сидят стайки лорикарий и анциструсов.

Большинство цихлид в этом районе живет в прибрежных лужах по берегам рек в почти стоячей воде, где они находят себе убежище среди упавших в воду стволов деревьев. Здесь встречаются очень интересные акары, *Cichlasoma umbriferum*, которые велики для содержания в аквариуме. Пожалуй, самая интересная из цихлид этого района — *Geophagus pellegrim*, которая недавно обнаружена в этой речной системе.

В бассейне р. Чучунак проведены измерения гидрохимических показателей воды, знание которых будет полезно аквариумистам, организующим биотопные водоемы, посвященные Центральномексиканскому району. Измерения были проведены в конце сухого сезона.

В р. Чучунак вода средней жесткости (6,7 °dGH) с нейтральной реакцией (pH 7,0). Электропроводность воды 275 мкСм/см. В воде имеются твердые взвеси, концентрация которых 32 мг/л. Обнаружено содержание следов меди, цинка и железа. В воде практически отсутствуют хлориды, нитриты и нитраты, а концентрация фосфат-ионов составляет 0,2 мг/л.

В илистом притоке Кебрада вода имеет жесткость 5,1 °dGH, pH 7,0 и электропроводность 250 мкСм/см.

Наконец, в Рио-Чико вода более мягкая (3 °dGH) со слабощелочной реакцией (pH 7,4), электропроводность 125 мкСм/см. В реке относительно высокое содержание меди и цинка, а железа — мало.

Температура воды очень сильно различается на отдельных участках р. Чучунак. В прибрежных лужах она составляет 32 °С, тогда как на отдельных участках основного русла, закрытого деревьями, — в среднем 21 °С. Такие перепады температуры не влияют на рыб, можно наблюдать, как рыбы совершенно спокойно перемещаются из теплой воды в холодную и обратно.

Танганьика и Ньяса.

На востоке Африки расположены озера, в которых представлена очень интересная ихтиофауна, пользующаяся большой популярностью у аквариумистов. Главными из этих озер являются Танганьика и Ньяса (или Малави).

Озеро Танганьика расположено на высоте 773 м над уровнем моря, имеет длину 625 км и площадь поверхности 34 тыс. кв. км. Глубина озера, лежащего в глубокой впадине, достигает 1470 м — это после Байкала второе по глубине озеро в мире. В Танганьику впадает большое число рек, а вытекает р. Лукуга, которая является притоком р. Луалето.

Озеро Ньяса имеет площадь поверхности 30,8 тыс. км², при длине около 600 км. Его максимальная глубина составляет до 706 м. Имеется сток в реку Замбези через вытекающую из озера р. Шире. Озеро Ньяса часто именуют озером Малави — по названию африканской страны, находящейся на западном и южном побережье.

Озера Танганьика и Ньяса расположены на горной равнине. Отроги гор во многих местах выходят к берегам, создавая скалистый ландшафт. Эти скалы уходят под воду. В расщелинах, трещинах, между камнями создаются условия для жизни многочисленных видов рыб, живущих в озерах. Однако на берегах озер встречаются и низкие заболоченные участки.

Гидрохимический состав озер Танганьика и Ньяса имеет свои особенности, поэтому для содержания и разведения их обитателей приходится создавать особые условия. Главная особенность воды озер — высокая минерализация. Жесткость по данным различных авторов достигает 20 °dGH. Высокая жесткость обуславливает щелочную реакцию воды. В табл. 17 приведены гидрохимические параметры воды озер Танганьика и Ньяса.

Таблица 17 Гидрохимические показатели воды озер Танганьика и Ньяса

Параметр воды	Танганьика	Ньяса
Общая жесткость, °dGH	14—19	6—10
Карбонатная жесткость, °dKH	12—16	5—8
Водородный показатель, pH	8,0—9,2	7,7—8,7
Электропроводность воды, мкСм/см	600—630	210—240
Температура воды, °С	25—27	22—30

Аквариумисты нашей страны с успехом содержат многочисленные виды рыб из озер Танганьика и Ньяса, большинство из этих рыб разведены. Это, как нам кажется, связано с близостью состава и гидрохимических показателей воды в африканских озерах и во многих водоемах России.

Посмотрите на данные по катионному составу воды, приведенные в табл. 18. В водоемах нашей страны жесткость, определяемая концентрацией Mg²⁺ и Ca²⁺, и концентрация K⁺ и Na⁺ сопоставимы со значениями для африканских озер, а кое-где даже превышают эти значения. Лишь в некоторых реках и озерах северной части России (р. Нева, Онежское озеро) минерализация значительно ниже, поэтому для содержания обитателей африканских озер Танганьика и Ньяса необходимо внесение в воду растворимых солей и повышение жесткости.

Таблица 18 Катионный состав воды африканских озер Танганьика и Ньяса и некоторых водоемов России

Название водоема	Сумма Na ⁺ + K ⁺ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л
оз. Танганьика	92,0	9,9	43,3
оз. Ньяса	27,4	19,8	4,7
р. Нева	2,8	9,6	2,2
р. Печора	3,2	4,6	2,1
р. Волга (г. Чебоксары)	39,0	50,5	13,1
р. Ока (г. Муром)	21,2	68,1	16,5
р. Терек (с. Карталинская)	56,8	75,8	17,8
р. Обь (г. Новосибирск)	5,5	26,6	3,8
оз. Байкал	5,8	15,2	3,1
оз. Онежское	1,5	5,4	1,6

В озерах Танганьика и Ньяса очень необычная ихтиофауна. Как считают ученые, здесь довольно быстро протекает эволюция рыб, поэтому наблюдается большое разнообразие видов одного рода. Большинство рыб являются эндемиками, т. е. встречаются только в данных водоемах (иногда даже только в отдельных участках озер). Наибольший интерес у аквариумистов вызывают цихлиды — самое многочисленное семейство, представляющее ихтиофауну озер.

Аквариум с цихлидами озер Танганьика и Ньяса (так называемый «цихлидариум») должен представлять собой достаточно крупный водоем, т. к. даже самые мелкие рыбы имеют размер 8—10 см. Минимальная емкость водоема 100 л, хотя желательнее, чтобы аквариум был больше: от 200 до 1000 л. Вода должна быть достаточно жесткой и щелочной. Как мы уже отмечали выше, для рыб этих водоемов подходит вода из многих регионов нашей страны (особенно средней полосы и южных областей). Не надо стремиться в точности повторить химический состав воды озер, т. к. рыбы обладают способностью приспосабливаться к изменению условий. Лишь в очень мягкой воде необходимо повысить жесткость, а в сильно обессоленную добавить соли Na и K.

Для оформления биотопных аквариумов «Танганьика» и «Малави» (Ньяса) обычно используют камни: мелкими усыпают дно, из крупных строят горки и укрытия. Наличие таких укрытий необходимо: африканские цихлиды — территориальные рыбы, каждая занимает определенное убежище и охраняет его и прилегающую территорию от непрошенных гостей. Желательно, чтобы каменные породы, используемые при оформлении «цихлидариума» содержали соединения (карбонаты) кальция и магния, т. к. это способствует поддержанию высокой жесткости и щелочной реакции воды.

В аквариумах с цихлидами обязательна фильтрация или очень частая подмена воды. Как известно (см. рис. 12), в щелочной среде образуется повышенная концентрация аммиака, что может привести к отравлению и гибели рыб. Фильтруя воду, мы добиваемся снижения этого токсичного вещества.

В настоящее время любители — аквариумисты содержат в своих домашних водоемах большое число видов африканских цихлид — более 500. Мы приведем список лишь некоторых наиболее распространенных видов, которые могут быть помещены в биотопные аквариумы. Цихлиды оз. Танганьика: юлидохромисы (*Julidochromis ornatus*, *J. marlieri*, *J. regani*, *J. dickfeldi* и другие), лампрологусы (*Lamprologus brichardi*, *L. leleupi* и другие), трофеусы (*Tropheus duboisi*, *T. moorii*, *T. polli* и другие). Для аквариума «Малави» можно рекомендовать следующих рыб: меланохромисы (*Melanochromis auratus*, *M. chipokaе*, *M. brevis*, *M. johannii* и др.), псевдотрофеусы (*Pseudotropheus zebra*, *P. lombardoi*, *P. aurora* и др.), лабеотрофеусы (например, *Labeotropheus trewavasae*), аулонокары (например, *Aulonocara nyassae*), хаплохромисы (*Haplochromis moorii*, *H. borieyi*, *H. livingstonii* и др.). Аквариумы с танганьикскими и малавийскими цихлидами представляют большой интерес, который, прежде всего, связан с необычным поведением его красочных обитателей.

В АФРИКАНСКИХ САВАННАХ И ТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСАХ

Водоемы Западной Африки — родина многих рыб семейства карпозубых (Cyprinodontidae), которых иногда называют также икромечущими карпозубыми. Это очень интересные и эффектные аквариумные обитатели, имеющие небольшие размеры и яркую окраску. Периодически их популярность падает, что вполне объяснимо: большинство этих рыбок имеет короткий срок жизни, обусловленный условиями их существования в природе. Однако время от времени вспыхивает увлечение карпозубыми, и они становятся объектом повышенного интереса.

Изучение особенностей гидрофлоры и гидрофауны, состава воды позволит разработать и создать биотопные аквариумы «Западная Африка» (или «Юг Западной Африки»), «Камерун», «Запад Центральной Африки» и другие, а также разместить в домашних водоемах коллекцию карпозубых.

Ландшафт африканского континента, где распространены карпозубые, чаще всего представляет собой саванну. Обильный травяной покров, отдельные деревья или группы деревьев и кустарников. Для климата саванн характерно неравномерное выпадение осадков в течение года: сезон дождей чередуется с сухим сезоном. Обычно период засухи продолжается 1—2 месяца, а в некоторых регионах — несколько месяцев. В это время происходит высыхание многих водоемов, особенно мелких. Рыбы, населяющие пересыхающие реки, ручьи, озера и лужи, как правило,

погибают. Однако икра, которую они отложили, сохраняется и инкубируется в донном иле. Эта икра может храниться достаточно долго. Некоторые аквариумисты и аквариумные фирмы даже пересылают ее по почте. С наступлением сезона дождей водоемы наполняются водой, из икры выводятся личинки, которые затем превращаются в быстрорастущих мальков. Жизнь в воде возобновляется. Теперь до следующего сухого периода рыбки должны вырасти, достичь половой зрелости и отложить икру.

Районами распространения карпозубых являются также влажные тропические леса, зона которых простирается вдоль южного побережья Западной Африки и в западной части Центральной Африки. В этих вечнозеленых лесах имеются также пересыхающие водоемы, но встречаются ручьи и реки, в которых вода имеется в течение всего года.

Что представляют собой водоемы, в которых живут икромечущие карпозубые? Оказывается, они довольно разнообразны. Вот, например, очень красивые рыбки ролоффия Жери (*Roloffia geri*), размер которых не превышает 5 см. В окрестностях гвинейского города Форекарья они водятся в небольших лужицах, которые образуются в гуще травы в сезон дождей. Эти лужи бывают всего 20 см в диаметре при глубине до 30 см. Они могут содержать всего 3—10 литров воды, но этого уже достаточно для развития рыбок. В таких же лужицах и ямках с водой между корнями деревьев обнаружены ролоффии Петерса (*Roloffia petersi*) в парке, расположенном вблизи г. Абиджана — столицы республики Кот-д'Ивуар. Многие из этих луж и ямок закрыты ветками, старыми листьями, практически все водоемы с ролоффиями находятся в тени. Но что интересно: в нескольких метрах от лужиц, кишасших карпозубыми, протекает ручей, в котором карпозубых нет из-за быстрого течения

Конечно, эти эффектные рыбки водятся и в более крупных водоемах. Например, афиоземион Валкера (*Aphyosemion walkeri*) в районе г. Агбовиль (республика Кот-д'Ивуар) обитает в ручье, ширина которого 0,5—1,0 м, а глубина до 30 см. Вода в ручье имеет коричневый цвет, течение медленное. Водная растительность отсутствует, только на берегу растет трава, листья и корни которой свешиваются в ручей. В сухой сезон ручей полностью пересыхает.

Рыб семейства карпозубых можно обнаружить и в достаточно больших реках с быстрым течением. Например, ширина реки, протекающей в районе города Бенова (республика Кот-д'Ивуар), около 10 м, а глубина — несколько метров, течение быстрое, однако вдоль берегов разрослись нимфеи (*Nymphaea*). Между их листьями течение практически не ощущается, имеется много укрытий. Здесь обитают карпозубые, в частности, рыбы рода эпиллатис (*Epiplatys chaperi sheljuzhkoii* и *E. bifasciatus*). Некоторые виды икромечущих карпозубых, например, рыбки рода *Aplocheilichthys*, могут жить и на довольно сильном течении.

В африканских саваннах карпозубые обитают в болотах и заболоченных озерах. В них, как правило, имеются открытые водные участки, а вблизи берегов они густо зарастают. Здесь, в зарослях растений, обитают карпозубые. Им не мешает соседство с более крупными рыбами (цихлидами, сомами) и различными водными животными (пресноводные крабы и креветки).

При создании биотопных аквариумов с карпозубыми из Африки важно учитывать правильный гидрохимический режим. Большинство рыб этого семейства живут в сходных условиях: вода достаточно мягкая — 1-3 °dGH, pH обычно меньше 7 (6,0—6,8), а в некоторых случаях — около 7. Жесткость воды, однако, может быть и выше. Так, в водоемах Габона и Конго, где обитают различные афиоземионы (*Aphyosemion striatum*, *A. exigoides* и др.) и эпиллатисы (*Epiplatys*), жесткость воды составляет 10—12 °dGH. Температура воды в водоемах юга Западной Африки в зависимости от времени года составляет 24—30 °C. В аквариумных условиях нежелательно устанавливать температуру выше 24 °C, т. к. это сказывается отрицательно на продолжительности жизни рыб. Содержание кислорода в воде невелико (аэрация необязательна), в некоторых природных водоемах обнаружены достаточно большие концентрации растворенного углекислого газа, который не угнетал рыбок.

Что еще можно порекомендовать любителям для содержания карпозубых? Размеры аквариума могут быть небольшими. Для установления и поддержания нужного гидрохимического состава воды рекомендуется внести в грунт вываренную торфяную крошку или декорировать аквариум кусочками вываренного верхового торфа. Грунт надо выбрать темный, не содержащий карбонатов. Хорошо поместить в аквариум коряги, корни деревьев (они должны быть специальным образом подготовлены). Аквариумы могут быть без растений, но более эффектно выглядит водоем, декорированный водной растительностью. Следует использовать растения, распространенные также в Западной Африке, чтобы достичь более полного соответствия аквариума природному биотопу. Из растений можно рекомендовать болбитис (*Bolbitis heudetotii*), пистию (*Pistia stratiotes*), а также различные виды анубиасов (*Anubias*). Последние можно сажать как в погруженном, так и полупогруженном виде. Если вы вырастите анубиас на коряге или камне, то это будет прекрасным украшением вашего водоема.

Интереснейшим растением для аквариума с карпозубыми может быть лимнофитон (*Limnophyton fluitans*). Это растение обнаружено в Камеруне (в районе между городами Криби и Эдея) в медленно текущих ручьях и речках. Рыбное население этих водоемов представлено, главным образом, икромечущими карпозубыми и цихлидами.

Лимнофитон флюитанс был первоначально ошибочно описан как африканский эхинодорус. Эта ошибка перекочевала и в некоторые отечественные издания по аквариумистике, но впоследствии была исправлена.

Приведем результаты гидрохимического анализа воды в водоемах, где обнаружен лимнофитон флюитанс: рН 5,9; °dGH— менее 1; dKH— 0,1°; электропроводность — 45 мкСм/см; температура воды — 29 °С. Как видно, многие параметры воды соответствуют тем, которые были приведены выше для других водоемов Западной Африки, где обитают карпозубые.

Лимнофитон флюитанс годится для биотопного аквариума «Камерун», куда можно поместить отмеченный выше болбитис генделоти, кринум натанс, плавающий папоротник «водяная капуста» (*Ceratopteris cornuta*) и анубиасы (*A. barteri* var. *angustifolia*, *A. b.* var. *glabra*, *A. b.* var. *папа*, *A. b.* var. *gillettii*, *A. hastifolia*, *A. heterophylla*). В аквариум можно поместить карпозубых рыб из Камеруна: *Aphyosemion ameiti*, *A. exiguum*, *A. mirabile*, *Epiplatys granami* и др.

Содержать карпозубых лучше отдельно от других рыб. Это обусловлено особенностями их размножения, медленностью плавания и, как следствие, малой конкурентноспособностью. Однако в биотопный аквариум можно поместить небольшое число других рыб из западной или юго-западной Африки: мелких и не — агрессивных цихлид — попугайчиков (*Pelviachromis kribensis*) и некоторых других пельвиахромисов, а также сомиков из рода синодонтисов (*Synodontis nigriventris*, *S. contractus* и др.).

СЮРПРИЗЫ МАДАГАСКАРА

Мадагаскар — один из крупнейших островов на Земле: занимает площадь 590 тыс. кв. км и имеет длину около 1600 км.

Предполагают, что остров некогда примыкал к африканскому континенту, но около 20 млн. лет назад отделился от него. Изолированность Мадагаскара привела к особому пути эволюции растительного и животного мира, который значительно отличается от континентальной Африки. На острове много эндемичных видов животных и растений, многие из которых являются предметом мечтаний аквариумистов.

Особый интерес у любителей вызывает растение, которое многие считают королевой аквариумной флоры. Это — увирандра или апоногетон Мадагаскарский (*Aponogeton madagascariensis*). Мало кто из аквариумистов нашей страны держал этот вид — это действительно редкость. У нас нет сведений, что кто-то в России размножал увирандру. Однако периодически мадагаскарский

апоногетон привозят из-за рубежа, и мы надеемся, что найдутся энтузиасты, которые введут его в культуру в нашей стране.

Мадагаскарский апоногетон имеет очень необычный вид: его листья (овальные или круглые) имеют многочисленные отверстия, которые делают лист похожим на решетку. Вид очень изменчив, имеет ряд природных разновидностей.

Расскажем о природных биотопах, где обитает *A. madagascariensis*, основываясь на описании, приведенном голландским аквариумистом Альберсом в журнале «het Aquarium» в 1988 году. Мадагаскарский апоногетон растет как в равнинной, так и в горной частях острова (его можно встретить на высоте до 1800 м над уровнем моря). Уровень воды в водоемах, где обнаружено растение — от 20 до 40 см. Вода очень мягкая с кислой реакцией: pH от 5 до 6, жесткость около 1 °dGH, температура 20—22 °C. В природе увирандра растет в водоемах, как с проточной, так и со стоячей водой.

По-видимому, такие же условия следует создавать и в домашнем аквариуме для содержания Мадагаскарского апоногетона. При этом надо использовать дистиллированную или обессоленную при помощи ионообменных смол воду, грунт, не содержащий растворимых компонентов (карбонатов кальция или магния). Голландские аквариумисты рекомендуют добавлять в воду углекислый газ из баллона, т. к. в этом случае можно обойтись без рыб в аквариуме. По-видимому, это решение достаточно верное, т. к. в отсутствие рыб в воде не будет накапливаться избыток нитрат-ионов, которые отрицательно действуют на увирандру (в природных водоемах концентрация нитрат-ионов составляет всего 0,1—0,2 мг/л). Аквариумистам можно рекомендовать изготовить для этой цели простые приборы (используемые в химии для получения газов), в которых углекислый газ получается при действии кислоты на мел или известняк. Пропуская выделяющийся газ через воду, можно поддерживать как требуемое значение pH, так и нужную концентрацию CO₂ в воде.

Таблица 19 Краткая характеристика биотопов некоторых мадагаскарских апоногетонов

Вид растения	Экологические особенности места произрастания	pH в природном водоеме	Жесткость природной воды, °dGH	Электропроводность воды при 20 °C, мкСм/см
<i>Aponogeton bernierianus</i>	Растет в медленных и быстрых ручьях на болотах на высоте до 1200 м, вода темная	5—6	1,06	31,15
<i>Aponogeton boivinianus</i>	Растет в медленных и быстрых ручьях на высоте от 50 до 500м	5—6	0,88	-
<i>Aponogeton dioecus</i>	Мелкие лужи (25 — 50 см) со стоячей водой на высоте до 2000м	5—6	0,56	30,97

Кроме увирандры в Мадагаскарском аквариуме можно содержать и другие, исключительно красивые апоногетоны из водоемов этого острова. Это *A. dioecus*, *A. boivinianus*, *A. bernierianus*, *A. cordatus*, *A. sariponі* и др. Всего голландский ботаник Ван Бруггенн, проведший ревизию рода апоногетон, описывает 11 видов мадагаскарских апоногетонов (некоторые из них имеют разновидности). Как и *A. madagascariensis*, все они пока являются проблемными аквариумными растениями и встречаются очень редко. В табл. 19 приведены данные о биотопах некоторых из этих растений.

АВСТРАЛИЯ И НОВАЯ ГВИНЕЯ

Большая часть Австралии лежит в тропической зоне, южная часть — в субтропической. Значительная часть материка занята пустынями, много районов, не имеющих водоемов, значительная часть водоемов пересыхает. Наиболее крупные реки Австралии — р. Дарлинг и р. Муррей. Довольно много и коротких, не пересыхающих рек. Животный и растительный мир Австралии очень своеобразен, что обусловлено изолированностью этого материка от других континентов.

Новая Гвинея — крупный остров в Тихом океане, имеющий площадь 829 тыс. кв. км. На острове экваториальный климат, 4/5 площади Новой Гвинеи покрывают влажные тропические леса, много небольших по длине, но достаточно полноводных рек. Остров разделен цепью гор практически пополам на северную и южную части: для каждой части характерна своя ихтиофауна.

Растительный и животный мир Австралии и Новой Гвинеи во многом сходен. Их разделение произошло около 7000 лет назад.

Аквариумные животные и растения из Австралии и Новой Гвинеи пока еще не очень распространены у аквариумистов России, однако в последнее время появляются все новые виды. Особенно интересны для аквариумистов очень красивые радужные рыбы — представители рода меланотения (*Melanotaenia*). Несколько видов меланотений имеется у отечественных аквариумистов. Эти рыбы водятся как в Австралии, так и на Новой Гвинее. Они обитают в небольших реках и ручьях, вода в которых бывает как прозрачной, так и мутной из-за взвешенных частиц глины. В большинстве водоемов, где обитают радужные рыбы, вода слабощелочная, имеющая pH от 7 до 7,8. Жесткость колеблется в достаточно широких пределах: 4—12 °dGH, температура воды составляет 24—28° С.

Для биотопных аквариумов «Австралия» или «Новая Гвинея» можно рекомендовать следующих меланотений из Австралии: *M. maccullochi* (в нашей стране это первая распространившаяся меланотения, за ней закрепилось название «радужная рыбка»), *M. fluviatilis*, *M. trifasciata*, *M. herbertaxelrodi*, *M. splendida*. Более редки рыбы из Новой Гвинеи: *M. affinis*, *M. boesemani*, *M. goldiei* и другие. В аквариум можно помещать и некоторых других рыб из региона, например, *Tateumдина ocillicauda* (Новая Гвинея), *Chilatherina lorentzi* (Новая Гвинея), *Chilatherina axelrodi* (Новая Гвинея), *Cairnsichthys rhombosomoides* (Австралия).

В аквариуме с рыбами австралийского региона должна быть чистая, свежая вода с нейтральной или слабощелочной реакцией (pH 7—7,8), жесткость не играет существенной роли. Аквариум можно декорировать камнями.

Гидрофлора Австралии и Новой Гвинеи представлена в нашей отечественной аквариумистике не очень широко, в основном растениями — космополитами. Растения, которые встречаются в Австралии; оттелия частуховидная (*Ottelia alismoides*), красула (*Crassula intricata*), элеохарис (*Eleocharis acicularis*), а также несколько видов апоногетонов (*Aponogeton queenslandicus*, *A. bulbosus*, *A. elongatus*, *A. hexatepalus*). Из видов, встречающихся в Новой Гвинее, можно рекомендовать: апоногетон Вомерслея (*A. womersleyi*), болбитис причудливый (*Bolbitis heteroclita*) и валиснерию спиральную (*Valisneria spiralis*).

ЮГО-ВОСТОЧНАЯ АЗИЯ

Один из интереснейших районов мира с точки зрения аквариумистики — Юго-Восточная Азия. Этот район, лежащий в непосредственной близости от экватора, представляет собой идеальное место для обитания многих семейств растений, включая распространенные аквариумные виды, а также различных рыб. Этот район относится к так называемой идиотропической зоне и характеризуется годовым количеством осадков более 2000 мм в год, температурой воздуха не

менее 27 °С и температурой воды не менее 24 °С. Для аквариумистов наибольший интерес представляют биотопы островов Шри-Ланка (Цейлон) и Калимантан (Борнео), а также Таиланда.

Начнем рассмотрение биотопов этого района с острова Шри-Ланка. Особый интерес к обитателям вод этого острова связан с двумя причинами. Во-первых, природные характеристики воды многих водоемов Шри-Ланки близки к параметрам воды в Европейской части России. Во-вторых, этот остров можно считать местом зарождения аквариумистики: здесь обнаружены наиболее древние искусственные водоемы, в которых культивировались различные виды аквариумных растений и рыб.

Шри-Ланка — несколько вытянутый в длину остров, расположенный чуть севернее экватора. На юге острова находится горный массив, который образует естественный барьер для дующих с океана муссонов, способствующий определенному распределению осадков. С декабря по февраль на остров дует северо-восточный муссон, приносящий дожди в северо-восточную часть острова. На юго-западной части в это время испытывается недостаток влаги. С мая по сентябрь на остров дует юго-западный муссон, приносящий дожди в эту часть острова; на севере — востоке в это время сухой сезон. В остальное время года на всей территории острова наступает сухой период и все изнывает от жары и жаждет влаги. Учитывая такую динамику осадков, с целью сохранения влаги местные жители с незапамятных времен стали сооружать на острове искусственные хранилища для воды. Сначала это были мелкие разрозненные водоемы. Со временем техника их строительства совершенствовалась, эти водоемы расширялись и соединялись каналами в определенную стройную ирригационную систему. Работы по сооружению таких систем уже стали координироваться правительством страны, и все крестьяне были обязаны отработать на их строительстве определенное время. Техника строительства гидросооружений со временем достигла на Шри-Ланке таких высот, что до сих пор специалисты по гидростроительству со всего мира приезжают на остров для ее изучения. Эти искусственные водоемы Шри-Ланки можно рассматривать как самые большие и самые древние аквариумы мира.

В этих водоемах произрастают различные водные растения, причем в каждом водоеме обитает не какой-то отдельный вид как монокультура, а многие виды растут вперемешку. В водоемах встречаются представители таких родов, как *Aponogeton*, *Myriophyllum*, *Ludwigia*, *Vasora*, *Limnophila*, *Ceratopteris*, *Elodea*, *Sagittaria* и др. Для многих видов этих растений Шри-Ланка не является родиной, и можно предположить, что они были когда-то сюда завезены и потом расселялись по всей территории страны. Интересно, что многие из этих искусственных водоемов во время сухого периода полностью пересыхают, но в период дождей опять заполняются различными видами рыб и растений.

Казалось бы, что в этих искусственных водоемах со стоячей водой должно быстро накапливаться значительное количество различных органических и минеральных соединений, в том числе нитратов и фосфатов. Однако анализы свидетельствуют о том, что этого не происходит. Так, в среднем, электропроводность не превышает 150 мкСм/см, общая жесткость 3 dGH. Ядовитые нитриты отсутствуют, содержание нитратов и фосфатов не превышает 0,2 мг/л. Такое невысокое содержание солей наблюдается в большинстве искусственных водоемов острова. Значительные колебания выявлены только по содержанию кислорода, примерно от 3 до 6 мг/л, что связано с состоянием растений в водоемах и условиями газообмена с атмосферным воздухом. Если растения здоровы, и поверхность водоема чистая, то содержание кислорода высокое; если же растения чем-то угнетены и плохо растут, или поверхность водоема покрыта плотным ковром из плавающих растений, затрудняющих газообмен, то содержание кислорода ниже,

Кроме описанных выше искусственных водоемов, на острове, конечно, есть различные естественные водоемы — главным образом быстротекущие, незагрязненные реки и ручьи. Они являются местом обитания многих цейлонских рыб и растений, которые достаточно широко известны аквариумистам. Из растений можно назвать такие виды, как *Cryptocoryne beckettii*, *C. wendtii*, *C. walkeni*, *C. petchii* и другие криптокорины, *Barclaya longifolia*, виды родов *Aponogeton* и

Lagenandra. Если говорить о химическом составе воды рек и ручьев острова, то можно отметить их неоднородность. Для основной массы водоемов острова, как и для всего региона в целом, характерно низкое содержание солей в воде. Так, среднее значение электропроводности составляет 36 мкСм/см, общая жесткость — 0,7 °dGH, карбонатная жесткость — 0,6 °dKH, содержание ионов кальция — 3,4 мг/л, магния — 1,3 мг/л, калия — 1,0 мг/л, натрия 2,4 мг/л; содержание анионов, в среднем, следующее: гидрокарбонат-ионы — 16,0 мг/л; сульфат-ионы — 1,5 мг/л; хлорид-ионы — 4,0 мг/л; фосфат-ионы — 0,3 мг/л; нитрат-ионы — 6,0 мг/л. Значение pH в большинстве случаев близко к нейтральному и в среднем составляет 6,8. Это свидетельствует о незначительном содержании органики в воде.

На острове есть водоемы и с другим составом воды, хотя они менее типичны. Так, среднее значение электропроводности в них составляет 400 мкСм/см, общая жесткость — 14,0 °dGH, карбонатная жесткость — 10,0 °dKH; содержание катионов следующее: ионов кальция — 50 мг/л, магния — 27 мг/л, калия — 20 мг/л, натрия — 50 мг/л; содержание анионов: гидрокарбонат-ионов — 200 мг/л, сульфат-ионов — 8 мг/л, хлорид-ионов — 18 мг/л, фосфат-ионов — 0,5 мг/л, нитрат-ионов — 10 мг/л. Значение pH — выше нейтрального (около 7,5).

Необходимо отметить, что в любом случае наблюдается высокая стабильность содержания всех неорганических веществ в водах острова. Эта стабильность не зависит ни от времени года, ни от того, какой стоит период (сухой или сезон дождей), ни от других факторов.

Шри-Ланка — родина многих растений рода криптокорин — одних из наиболее популярных аквариумных растений. Интересно, что криптокорины здесь часто находят в быстрых и чистых ручьях. Криптокорины растут в как бы кипящих облаках из песка и воды. Причем кроме криптокорин в таких местах не встречается больше никаких растений. Все это свидетельствует о том, что криптокорины, вопреки распространенному у нас мнению, любят чистую, свежую, быстротекущую воду, не содержащую большого количества различных солей.

Биотопные аквариумы «Шри-Ланка» могут быть заселены многими популярными у аквариумистов рыбами, родиной которых является этот остров. Среди них можно назвать *Oryzias melastigmus*, *Rasbora daniconius*, *Barbus vittatus*, *B. filamentosus*, *B. bimaculatus*, *Belontia signata* и др.

Теперь рассмотрим некоторые биотопы Таиланда. Таиланд расположен сравнительно недалеко от острова Шри-Ланка, на полуострове Индокитай. С точки зрения аквариумистики, наибольший интерес представляет южная часть страны, занимаемая тропическими дождевыми лесами. Здесь, как и на Шри-Ланке, четко выражены период дождей и сухой период. Основная часть водоемов представляет собой достаточно небольшие и чистые, стекающие с гор ручьи, причем вода в них обычно бедна солями. Встречаются ручьи и с достаточно жесткой водой. Это определяется расположением источника ручья и породами, выстилающими его ложе.

Гидрохимический состав основной части вод южного Таиланда примерно следующий: электропроводность — 20 мкСм/см, общая жесткость — 0,35 °dGH, карбонатная жесткость — 0,2 °dKH; содержание катионов: кальция — 1,0 мг/л, магния — 0,2 мг/л, калия — 1,1 мг/л, натрия — 2,3 мг/л; содержание анионов: гидрокарбоната — 4,0 мг/л, сульфат — ионов — 0,4 мг/л, хлорид-ионов — 2,5 мг/л, фосфат-ионов — 0,3 мг/л, нитрат-ионов — 5,0 мг/л. Среднее значение pH составляет 6,3.

Реже встречаются ручьи, вода в которых имеет такие параметры: электропроводность — 260 мкСм/см, общая жесткость — 10,0 °dGH, карбонатная жесткость до 10,4 °dKH; содержание катионов: кальция 51,0 мг/л, магния — 10 мг/л, калия — 0,4 мг/л, натрия — 1,7 мг/л; содержание анионов: гидрокарбоната — 200 мг/л, сульфата — 1,0 мг/л, хлорида — 4,1 мг/л, фосфата — 0,4 мг/л, нитрата — 6,0 мг/л. Значение pH примерно 7,7. Состав воды таких ручьев близок к воде многих районов европейской части России.

Из растений, произрастающих на Таиланде, аквариумистам наиболее известны такие виды, как *Cryptocoryne cordata*, *C. ciliata*, *C. balansae*, *Limnophila indica*, *Ceratophyllum demersum*, *Barclaya*

longifolia, *Ceratopteris thalictroides*, *Crinum thaianum* и др. Из рыб встречаются *Aplocheilus panchax*, *Rasbora agriophene*, *Acanthopthalmus kuhlii*, *Badis badis*, *Danio regina* и др.

Следующим районом Юго-Восточной Азии, который мы рассмотрим, является остров Калимантан (старое название — Борнео). Он отличается своими уникальными природными условиями от всех рассмотренных; биотопов региона. С точки зрения аквариумистики наиболее известен и исследован лежащий на севере острова малайзийский штат Саравак; большая, индонезийская, часть Калимантана исследована еще мало и, предположительно, содержит большое количество еще неизвестных водных растений и рыб.

Северная часть острова — штат Саравак — представляет собой низменную местность, прорезанную многочисленными крупными и мелкими реками, соединенными друг с другом ручьями, между которыми расположены болотистые джунгли. Здесь нет четко выраженных периодов дождей и сухих периодов, круглый год над этим районом идут дожди. На эту систему рек большое влияние оказывают приливы и отливы лежащего близко моря, и чем ближе район лежит к морю, тем сильнее это влияние. Два раза в день в реках и ручьях уровень воды поднимается до двух метров по сравнению с обычным и опять падает через несколько часов. Растения во время прилива покрыты мутной глинистой водой; крупные и мелкие реки и ручьи сливаются и образуют вокруг себя сплошную покрытую водой местность. У многих рек и ручьев берег как таковой отсутствует и представляет собой сильно заболоченную территорию, которая колеблется вместе с уровнем воды. Это и есть родина болотных и водных растений и, в первую очередь, очень редких криптокорин, среди которых наиболее известны *C. lingua*, *C. bullosa*, *C. pontederiifolia*, *C. ciliata*.

Состав воды водоемов Калимантана резко отличается от воды ранее рассмотренных районов. В первую очередь, для вод острова характерно высокое содержание органических веществ, в среднем — 10 мг/л. Для вод, в которых нет примеси морской воды, характерно низкое содержание солей, электропроводность воды колеблется от 8 до 45 мкСм/см. Общая жесткость колеблется от 0,2 до 1,4 °dGH, карбонатная — от 0 до 1,4 °dKH. Содержание катионов, в среднем, следующее: кальция — 2,5 мг/л, магния — 0,8 мг/л, калия — 1,0 мг/л, натрия — 3,0 мг/л; содержание анионов: гидрокарбоната — 20 мг/л, хлорида — 2 мг/л, содержание сульфата и фосфата во всех случаях менее 0,001 мг/л, нитраты отсутствуют совсем; среднее значение pH — ниже 6,0.

С приближением к морю под влиянием приливов начинает меняться состав воды, это выражено тем сильнее, чем ближе к морю расположена та или иная местность. Возрастает электропроводность, в первую очередь за счет увеличения содержания хлорид-ионов, катионов натрия и гидрокарбонат-анионов. Соответственно изменению состава воды меняется флора и фауна водоемов. Следует отметить, что и в данном случае соотношение отдельных элементов в воде каждой конкретной местности строго постоянно.

Природные биотопы подавляющего числа видов рыб и водных растений острова Калимантан представляют собой быстротекущие ручьи и маленькие речки с чистой, прозрачной или мутновато-глинистой водой, в которой с поразительным постоянством присутствуют все необходимые для роста растений макро- и микроэлементы, даже несмотря на то, что большинство вод бедны солями. Это постоянство не зависит от сезона и времени года и наблюдается на всем протяжении водоема от истока до впадения. В аквариуме практически невозможно создать подобные условия: недостижима такая стабильность всех компонентов воды и полное присутствие всех необходимых элементов питания растений в нужных концентрациях. Часть из них (железо и марганец) потребляются в течение первых часов с момента добавления или быстро окисляются, другие (нитраты, фосфаты, сульфаты) наоборот, быстро накапливаются в таких количествах, при которых становится невозможной нормальная жизнедеятельность большинства видов рыб и растений. Они даже могут погибнуть, если своевременно не произвести замену воды.

По химическому составу и соотношению ионов наиболее близкой к воде средней полосы европейской части России является вода Шри-Ланки, и наименее — острова Калимантан. По-видимому, с этим связано присутствие в наших аквариумах многих рыб и растений Шри-Ланки и малое распространение представителей фауны и флоры водоемов Калимантана.

Вода Таиланда занимает как бы промежуточное положение между таковой Шри-Ланки и Калимантана. Значительное количество видов тайландских рыб и растений с успехом культивируются в нашей стране и могут быть использованы в биотопных аквариумах.

АМУР

В аквариумах можно поместить и некоторых обитателей отечественных водоемов. Однако содержание такого аквариума значительно сложнее, чем тропического и по силам лишь опытным аквариумистам. Сложность объясняется тем, что рыбы не переносят перегрева воды, требуют большой концентрации кислорода в воде, привыкли к значительным сезонным колебаниям температуры воды. Наибольший интерес вызывают обитатели бассейна Амура.

Длина этой дальневосточной реки — около 2300 км, В зимнее время (ноябрь—декабрь) река покрывается льдом. Вскрывается Амур в конце апреля — начале мая.

Река протекает в зоне вечной мерзлоты среди болотистых и подзолистых почв. Это обуславливает очень низкую минерализацию воды рек бассейна Амура. Жесткость воды в летний период составляет 1,2— 2,0 °dGH. В зимнее время, как и в большинстве водоемов нашей страны, жесткость повышается до 2,8— 3,5 °dGH. Несмотря на то, что вода достаточно мягкая, она имеет слабощелочную реакцию (pH 7,2—7,5). Усредненный катионный и анионный состав воды рек бассейна Амура приведен в табл. 20.

Каких рыб можно поместить в амурский аквариум? Здесь выбор достаточно большой, причем многие амурские рыбы: по красоте не уступят обитателям тропических вод. Назовем некоторых представителей ихтиофауны: пескарь Черского (*Chilogobio czerskii*) — небольшая рыбка (до 8 см), которая размножается в аквариуме; ауха или китайский окунь (*Siniperca chuatsi*) — хищная рыбка, надо содержать отдельно или с крупными видами; амурский лжепескарь (*Pseudogobio rivularis*); амурский носатый пескарь (*Microphysogobio amurensis*); ханкинский пескарь (*Gnathopogon chankaensis*); пескарь Солдатова (*Chilogobio soldatovi*); амурский чебачок (*Pseudorasbora parva*); амурский горчак (*Rhodeus sericeus sericeus*); лептоботия (*Leptobotia mantschurica*); лефуа костата (*Lefua costata*).

Таблица 20 Ионный состав воды бассейна Амура

Ионы	Концентрация, мг/л
Ca^{2+}	6-10
Mg^{2+}	3-5
Сумма $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$	3-6
HCO_3^{-}	30-45
SO_4^{2-}	10-14
Cl^{-}	4-8

Несколько труднее подобрать растения для биотопного аквариума «Амур». В отечественных водоемах, в том числе и в амурском бассейне, широко распространены кубышка желтая (*Numphar luteum*) и валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis*). В Амуре и его притоках растут пузырчатка обыкновенная, стрелолисты (*Sagittaria*), роголистники, перистолистники, злеохарис. Однако те

растения, которые можно взять из природных водоемов, в аквариумах долго не сохраняются. Нам кажется, что можно заменить их тропическими представителями тех же родов.

В амурском аквариуме необходимо сделать укрытия для рыб из камней и коряг. Обязательно следует установить постоянную аэрацию воды, желательна также установка фильтров. В аквариуме необходимо постоянно контролировать температуру, не допуская ее повышения (если температура очень высока и рыбам не хватает кислорода, то воду надо охлаждать, добавляя в нее кусочки льда).

Амурский аквариум — сложный, но очень интересный вид домашнего водоема. Многие его обитатели пока еще мало изучены, поэтому здесь есть большой простор для исследовательской деятельности аквариумистов.

III. ХИМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ АКВАРИУМИСТА

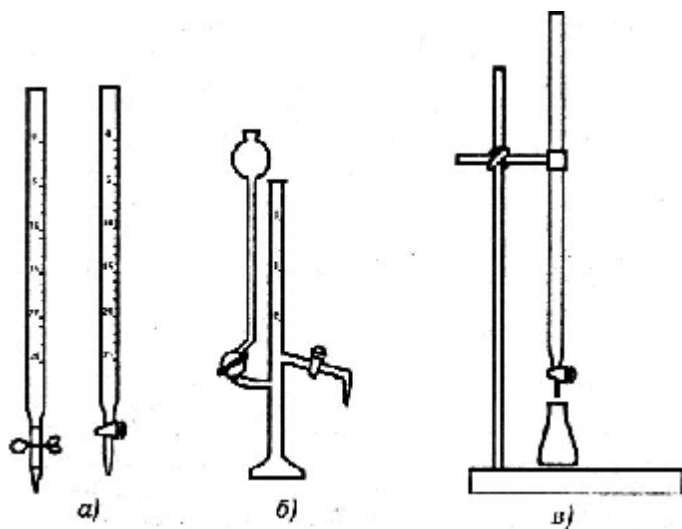
Многие аквариумисты, занимаясь содержанием и разведением рыб и растений, вносят в это увлечение исследовательские элементы. Одним из направлений таких исследований является изучение влияния гидрохимических показателей в аквариуме на его обитателей. Многие известные факты и закономерности описаны нами в предыдущих разделах, однако в области гидрохимии много белых пятен и большой простор для любознательных.

ЧТО МОЖНО ИЗМЕРИТЬ?

В домашних условиях можно измерить многие параметры аквариумной воды. В первую очередь, жесткость воды (общая dGH и карбонатная dKH), водородный показатель (pH), электропроводность воды, показатель окислительно — восстановительного потенциала [$гН2$), концентрацию некоторых ионов.

Определение общей жесткости воды

Аквариумисту очень полезно научиться определять общую жесткость воды. Это достаточно просто. Метод определения общей жесткости основан на взаимодействии ионов кальция и магния, содержащихся в воде, с натриевой солью этилен-диаминтетрауксусной кислоты (техническое название — «Трилон Б»). Эта соль образует с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} прочные комплексные соединения. В процессе анализа к пробе воды постепенно прибавляют раствор трилона Б до полного взаимодействия с ионами кальция и магния. Окончание реакции определяют по изменению окраски специального вещества — индикатора, который добавляют в воду. Такой метод в аналитической химии получил название «титрование».



**Рис. 17. Бюретки (а) и микробюретка (б) для титрования;
в) закрепление бюретки в штативе для титрования**

Для проведения анализа необходимы следующая химическая посуда и оборудование:

1. Бюретка или микробюретка (рис. 17, а, б). В некоторых руководствах указывается, что нужна обязательно микробюретка, но это не так. Достаточно точный анализ можно провести, применяя обычные бюретки (на 10, 25 или 50 мл), которые проще достать, а при необходимости можно изготовить из стеклянной трубки, отградуировав ее.

Для проведения титрования бюретку закрепляют в металлическом штативе при помощи зажимов, как показано на рис. 17, в. Можно изготовить самодельное приспособление для закрепления бюретки. Однако надо учитывать, что оно не должно закрывать измерительную шкалу и затруднять заливание растворов в бюретку.

2. Пипетка для отбора пробы воды на 25 или 50 мл (рис. 18, а). Вода в такую пипетку набирается при помощи резиновой груши. При необходимости требуемый объем воды можно отбирать мерными цилиндрами или мензурками (рис. 18, б, в), что, однако, менее точно.

3 Конические колбы вместимостью 200—250 мл, в которых проводится титрование (рис. 18,г).

4. Мерные колбы на 100, 200, 250, 500 или 1000 мл (рис. 18,д), которые используются для точного приготовления растворов с требуемой молярной концентрацией. Делается это так: в колбу определенной вместимости вносится рассчитанное количество растворяемого вещества. Наливают воду приблизительно на 3/4 объема колбы. Закрыв колбу пробкой, интенсивно встряхивают до полного растворения вещества. После этого доливают воду до метки на горле колбы и несколько раз переворачивают до полного перемешивания. При отсутствии мерных колб можно использовать обычные бутылки, нанеся на них отметки.

5. Весы, позволяющие брать навески веществ для приготовления растворов с точностью до 0,01 г.

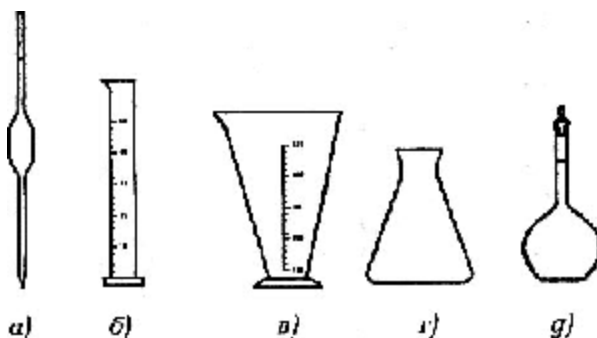


Рис. 18. Пипетка (а), мерный цилиндр (б), мензурка (в), коническая колба (г), мерная колба (д).

Теперь о том, какие реактивы и растворы потребуются для определения жесткости воды. Для приготовления всех растворов, используемых при химическом анализе, надо использовать дистиллированную или химически обессоленную воду.

1. Раствор трилона Б. Для титрования готовят 0.025М раствор трилона Б, взяв 9,3 г этой соли на 1 л раствора (или 4,65 г на пол-литровую колбу).

Если вода достаточно мягкая, то для повышения точности определения можно использовать 0,01М раствор трилона Б. Для приготовления такого раствора на литровую колбу нужно взять 3,72г соли.

2. Буферный раствор, содержащий хлорид аммония и водный раствор аммиака. Этот раствор позволяет поддерживать рН около 10, что необходимо для точного определения жесткости.

Для приготовления буферного раствора в колбу на 500 мл вносят 10 г хлорида аммония NH_4Cl и 50 мл концентрированного (20—25%-ного) раствора аммиака. Доливают дистиллированную воду до отметки 500 мл.

3. Индикатор. В качестве индикатора можно использовать: эриохром черный Т, хромоген ЕТ-00, кислотный хром темно-синий или кислотный хром синий К. Растворы этих индикаторов не могут храниться длительное время.

Лучше всего индикатор размешать с сухим хлоридом калия KCl или хлоридом натрия NaCl (поваренная соль) в отношении 1:2. При титровании полученную смесь понемногу добавлять в воду.

Проведение анализа. При помощи пипетки или цилиндра (мензурки) отмеряют 50 мл воды и вносят в коническую колбу на 200—250 мл. Добавив 50 мл аммиачного буферного раствора, вносят щепотку (на кончике стеклянного или бумажного шпателя) индикаторной смеси (индикатор + соль).

В бюретку наливают раствор трилона Б, доведя его объем точно до верхнего нулевого деления бюретки. Затем проводится титрование: в колбу при непрерывном перемешивании добавляют

раствор трилона Б из бюретки мелкими порциями. В конце титрования, когда начинает изменяться окраска индикатора, раствор трилона Б из бюретки добавляют по каплям.

Титрование прекращают после изменения цвета индикатора с красного (или лилового) на синий. После этого по бюретке измеряют объем раствора трилона Б, пошедшего на титрование V_T .

Титрование надо проводить трижды, а если есть большие расхождения в значениях V_T , то и большее число раз. Для расчетов применяют среднее арифметическое значение объема раствора трилона Б, использованного на титрование.

Зная объем V_T (в мл), объем воды, взятой на титрование V_B , (в данном случае — 50 мл), и молярную концентрацию раствора трилона Б C_T (0,025М или 0,01М), можно рассчитать жесткость воды Ж (в мг-экв/л) или dGH (в градусах) по формулам:

$$Ж = \frac{2000 \cdot V_T \cdot C_T}{V_B} \quad (17)$$

Таблица 21. Определение жесткости воды (dGH) по расходу 0,025М раствора трилона Б (на 50 мл воды)

dGH	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	-	0,04	0,07	0,10	0,14	0,18	0,21	0,25	0,28	0,32
1	0,36	0,39	0,43	0,46	0,50	0,53	0,57	0,60	0,64	0,68
2	0,71	0,75	0,78	0,82	0,85	0,89	0,93	0,96	1,00	1,03
3	1,07	1,10	1,14	1,18	1,21	1,25	1,28	1,32	1,35	1,39
4	1,43	1,46	1,50	1,53	1,57	1,60	1,64	1,68	1,71	1,75
5	1,78	1,82	1,85	1,89	1,92	1,96	2,00	2,03	2,07	2,10
6	2,14	2,17	2,21	2,25	2,28	2,32	2,35	2,39	2,42	2,46
7	2,50	2,53	2,57	2,60	2,64	2,67	2,71	2,75	2,78	2,82
8	2,85	2,89	2,92	2,96	2,99	3,03	3,07	3,10	3,14	3,17
9	3,20	3,24	3,28	3,32	3,35	3,39	3,42	3,46	3,50	3,53
10	3,57	3,60	3,64	3,67	3,71	3,74	3,78	3,81	3,85	3,89
11	3,92	3,96	3,99	4,03	4,06	4,10	4,14	4,17	4,21	4,24
12	4,28	4,31	4,35	4,39	4,42	4,46	4,49	4,53	4,56	4,60
13	4,63	4,67	4,70	4,74	4,79	4,81	4,85	4,88	4,92	4,96
14	4,99	5,03	5,06	5,10	5,13	5,17	5,21	5,24	5,28	5,31
15	5,35	5,38	5,42	5,45	5,49	5,53	5,56	5,60	5,63	5,67
16	5,71	5,74	5,78	5,81	5,85	5,88	5,92	5,96	5,99	6,03
17	6,06	6,10	6,13	6,17	6,21	6,24	6,28	6,31	6,35	6,38
18	6,42	6,46	6,49	6,53	6,56	6,60	6,63	6,67	6,70	6,74
19	6,78	6,81	6,85	6,88	6,92	6,95	6,99	7,03	7,06	7,10
20	7,13	7,17	7,20	7,24	7,28	7,31	7,35	7,38	7,42	7,45

или

$$dGH = \frac{5608 \cdot V_T \cdot C_T}{V_B} \quad (18)$$

Для оперативного определения жесткости по объему раствора трилона Б, использованного на титрование, удобно пользоваться таблицами 21 и 22. С помощью этих таблиц без специальных расчетов мы можем получить значение общей жесткости с точностью до 0,1 °dGH.

Таблица 22 Определение жесткости воды (°dGH) по расходу 0,01 М раствора трилона Б (на 50 мл воды)

dGH	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	-	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,53	0,62	0,71	0,80
1	0,89	0,98	1,07	1,16	1,25	1,34	1,43	1,52	1,60	1,69
2	0,78	1,87	1,96	2,05	2,14	2,23	2,32	2,41	2,50	2,59
3	0,67	2,76	2,85	2,94	3,03	3,12	3,21	3,30	3,39	3,48
4	0,57	3,66	3,74	3,83	3,92	4,01	4,10	4,19	4,28	4,37
5	0,46	4,55	4,64	4,73	4,81	4,90	4,99	5,08	5,17	5,26
6	5,35	5,44	5,53	5,62	5,71	5,80	5,88	5,97	6,06	6,15
7	6,24	6,33	6,42	6,51	6,60	6,69	6,78	6,87	6,95	7,04
8	7,13	7,22	7,31	7,40	7,49	7,58	7,67	7,76	7,85	7,94
9	8,02	8,11	8,20	8,29	8,38	8,47	8,56	8,65	8,74	8,83
10	8,92	9,00	9,09	9,18	9,27	9,36	9,45	9,54	9,63	9,72

В некоторых руководствах по аквариумистике (например, в книге В. С. Жданова «Аквариумные растения») приводятся методики определения жесткости в присутствии некоторых катионов (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+}). Наш опыт проведения анализов воды, используемой в аквариумистике, показывает, что для практических целей такой анализ не нужен, он лишь затрудняет определение и требует дополнительных химических реактивов. Ошибка, вносимая этими ионами, для воды, в которой могут жить рыбы и растения, обычно не превышает 0,1—0,2 °dGH.

Определение карбонатной (временной) жесткости воды

Для определения карбонатной жесткости воды, которое проводится методом титрования воды раствором соляной кислоты, необходима та же химическая посуда, что и для определения общей жесткости (бюретка, пипетка или мерный цилиндр, коническая колба, мерные колбы и весы).

Необходимые растворы.

1. Раствор соляной кислоты. Для титрования обычно используют 0,05М раствор соляной кислоты (HCl).

Чтобы приготовить такой раствор, в литровую колбу внести 3 98 мл (приблизительно 4 мл) концентрированной кислоты (38%-ной с плотностью 1,19 г/мл) и долить дистиллированную воду до метки на горловине колбы. Если используется другой исходный раствор кислоты для приготовления 0,05М раствора, то необходимо сделать пересчет. Раствором соляной кислоты заполняется бюретка,

2. Индикатор метиловый оранжевый. Это очень распространенный индикатор, имеющийся во многих химических лабораториях. Для приготовления раствора этого индикатора 0,1 г его растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

Проведение анализа. В коническую колбу на 200-250 мл помещают отмеренное количество (50 мл) анализируемой воды. Добавляют 3—4 капли раствора метилового оранжевого. Далее проводят титрование раствором кислоты из бюретки до изменения окраски индикатора с желтой на розовую. По бюретке определяют объем раствора кислоты, использованного на титрование V_K . (в мл).

Расчет карбонатной жесткости проводится по формуле:

$$dKH = \frac{2804 \cdot V_K \cdot C_K}{V_B} \quad (19)$$

где C_K — молярная концентрация раствора соляной кислоты (0,05М), V_B — объем воды, взятой для титрования (50 мл). Для расчета карбонатной жесткости в мг-экв/л надо значение dKH разделить на 2,804.

Определение водородного показателя

Достаточно точно водородный показатель (рН) определяется при помощи набора Н. И. Алямовского. Эти наборы выпускаются для определения рН в различных сельскохозяйственных объектах (вода, почва) и продаются в магазинах. В набор входят запаянные пробирки с цветными растворами, каждый из которых соответствует определенному значению рН: от 4,0 до 8,0. Этого интервала вполне достаточно для аквариумных целей. В наборе также имеются: пробирка такого же диаметра, как и пробирки с цветными растворами, для проведения анализа; пипетка для отбора пробы воды (5 мл); комбинированный индикатор и пипетка для отмеривания индикатора (0,3мл),

Ход определения. Отмеряют 5 мл анализируемой воды и помещают в пробирку. Малой пипеткой набирают 0,3 мл комбинированного индикатора и также вносят в пробирку. Пробирку слегка потряхивают.

Затем определяют рН исследуемой воды, сравнивая окраску жидкости в пробирке с окраской индикаторных растворов. Эту операцию проводят при хорошем освещении, положив за пробирки в качестве фона белую бумагу. Если окраска жидкости в пробирке является промежуточной между окраской эталонных растворов, то рН анализируемой жидкости имеет среднее значение. Такой метод позволяет проводить определение с точностью до 0,1 рН.

Раствор универсального индикатора надо периодически проверять. Для этого используют набор «Стандарт—титры», содержащий ампулы с веществами для приготовления буферных растворов. Одна ампула из набора растворяется в дистиллированной воде в мерной колбе на 1 л, этот раствор имеет определенное значение рН. Надо измерить это значение при помощи набора Алямовского и таким образом проверить годность универсального индикатора.

Набор Алямовского, позволяющий определить рН и интервале от 5 до 8, аквариумист может приготовить самостоятельно. Для этого необходимо иметь 17 пробирок (лучше с небольшим запасом) одинакового диаметра, 16 из которых снабжены пробками.

Для приготовления цветной шкалы потребуются следующие реактивы: хлорид железа (III) FeCl_3 , хлорид кобальта (II) $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, хлорид меди $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и сульфат меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Надо приготовить 1%-ный раствор соляной кислоты, который используется в качестве растворителя. В четыре мерные колбы на 200 мл вносят: 9,0 г $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — в первую; 11,9 г $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — во вторую; 80 г $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — в третью и 62,5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — в четвертую. Растворяют соли в 1%-ной соляной кислоте и ею же доводят объем до метки в мерной колбе. Растворы используют для приготовления стандартных эталонных растворов в соотношениях, приведенных в табл. 23, Пробирки с эталонными растворами тщательно закупоривают.

Для приготовления комбинированного индикатора необходимы индикаторы метиловый красный и бромтимоловый синий. В начале готовят раствор «А»: 0,04 г метилового красного растереть в 6 мл 0,01М раствора NaOH; смесь смыть дистиллированной водой в мерную колбу на 100 мл, добавить 20 мл этилового спирта и довести водой до метки. Раствор «Б»: 0,01 г бромтимолового синего растереть с 3,7 мл 0,01М раствора NaOH, смыть в мерную колбу на 50 мл, добавить 10 мл этилового спирта и довести водой до метки. Затем оба раствора сливают вместе. Индикатор готов.

Таблица 23 Требуемые объемы растворов для приготовления эталонной цветной шкалы.

рН, которому соответствует эталон	FeCl ₃	CoCl ₂	CuCl ₃	CuSO ₄	Дистиллированная вода
5,0	2,80	5,25	-	-	1,95
5,2	4,00	3,85	-	-	2,15
5,4	4,70	2,60	-	-	2,70
5,6	5,55	1,65	-	-	2,80
5,8	5,85	1,35	0,05	-	2,75
6,0	5,50	1,30	0,15	-	3,05
6,2	5,50	1,40	0,25	-	2,85
6,4	5,00	1,40	0,40	-	3,20
6,6	4,20	1,40	0,70	-	3,70
6,8	3,05	1,90	1,00	0,40	3,65
7,0	2,50	1,15	1,15	1,05	3,40
7,2	1,80	2,10	1,75	1,10	3,25
7,4	3,60	2,20	1,80	1,90	2,50
7,6	1,10	2,20	2,25	2,20	2,25
7,8	1,05	2,20	2,20	3,10	1,45
8,0	1,00	2,20	2,00	4,00	0,70

Наиболее точный метод измерения рН основан на использовании электронных рН-метров или иономеров. Какое оборудование требуется для этих измерений?

1. Электронный прибор. Чаще всего аквариумисты используют выпускавшиеся ранее рН-метры, списанные из лабораторий. Это приборы марок ЛПУ-01, ЛПМ-60М, рН121, рН340 и рН673. Можно использовать иономеры, например, И-115, ЭВ-74.

2. Стекланный электрод. Эти электроды входят в комплект рН-метров, а также выпускаются отдельно. Для аквариумистов подходят стекланные электроды марки ЭСП-43-07, которые рассчитаны на температуру от 0 до 40 °С и позволяют проводить измерения от 0 до 12 рН.

Со стекланным электродом надо обращаться очень осторожно: даже несильный удар по нему может вызвать образование микротрещин на стекле, из-за чего меняется электрическое сопротивление стекла и измерение становится неточным.

Стекланный электрод надо хранить опущенным в дистиллированную воду или разбавленный раствор соляной кислоты. Если электрод подсох, его следует вымачивать в воде в течение нескольких суток (это относится и к новому электроду).

3. Хлорсеребряный электрод сравнения. Этот электрод также включается в комплект рН-метров, но может быть приобретен и отдельно (например, марки ЭВЛ-1МЗ и др.). Новый электрод заполняют насыщенным раствором хлорида калия КСl. Раствор заливают через отверстие на боковой поверхности электрода, после чего отверстие закрывается пробочкой. Заполненный электрод надо прокипятить 30-40 минут в дистиллированной воде. Подготовленный хлор — серебряный электрод хранят в растворе хлорида калия или дистиллированной воде.

4. Держатель для электродов и стаканчик для измерений. Надо взять небольшой стаканчик или баночку (40-100 мл), из пенопласта толщиной 0,5—1 см вырезать крышку, в которой просверлены отверстия для стеклнного и хлорсеребряного электродов. Когда прибор находится в нерабочем состоянии, в стаканчик (баночку) наливают дистиллированную воду, погружая в нее электроды.

Для закрепления электродов можно использовать также различные штативы или датчики, входящие в комплект некоторых рН-метров (например, датчик Д1-02).

Набор стандарт-титров для рН-метрии. Этот набор используется для приготовления буферных растворов с известными значениями рН. При помощи этих растворов, периодически проводится настройка приборов.

Подготовка рН-метра (мономера) и проведение измерений. Подготовка прибора заключается во включении питания, после чего он должен прогреться 30— 60 минут. Стекланный электрод подключается к клемме «Изм», а хлорсеребряный электрод — к клемме «Всп». При настройке прибора по буферным растворам необходимо поместить электроды в стаканчик с раствором и установить известное значение рН, пользуясь ручками настройки. Подробнее эта операция описана в инструкции к рН-метру. Контроль рН-метра желательно проводить перед каждым измерением или серией измерений, желательно использовать буферный раствор, рН которого близок к измеряемому. Аквариумисту наиболее часто придется иметь дело с буферным раствором, содержащим дигидрофосфат калия и гидрофосфат натрия (0,025М KH_2PO_4 + 0,025М Na_2HPO_4). Этот раствор при температуре 20 °С имеет рН 6,88, а при 25 °С — 6,86.

Измерение показателя редокс-потенциала

Для измерения показателя редокс-потенциала ($r\text{H}_2$) необходим рН-метр, который может работать в режиме измерения потенциала. Можно проводить измерение потенциала при помощи вольтметра с большим входным сопротивлением. Однако в этом случае потребуются также измерение рН воды каким-то способом, т. к. водородный показатель нужен для расчета $r\text{H}_2$.

Чтобы рассчитать показатель $r\text{H}_2$, необходимо измерить потенциал платинового микроэлектрода в исследуемой воде или растворе. Платиновый микроэлектрод (например, марки ЭПВ-1, ЭТПЛ-01М и др.) входит в комплект прибора. Измерение проводится так же, как и измерение рН, лишь стекланный электрод заменяется платиновым, и рН—метр переключается в режим измерения потенциала.

Используя измеренное значение потенциала платинового микроэлектрода, а также значение рН воды или раствора, можно рассчитать показатель окислительно-восстановительного потенциала по формуле:

$$r\text{H}_2 = \frac{E_{\text{эксп}} + 0,2}{0,029} + 2\text{pH}$$

где $E_{\text{эксп}}$, — экспериментально определенное значение потенциала платинового микроэлектрода относительно хлорсеребряного электрода сравнения, выраженное в вольтах (В).

Измерение электропроводности воды

Электропроводность характеризует общее содержание растворенных солей в воде (в том числе и тех, которые обуславливают жесткость воды). Прежде, чем рассказать об измерении электропроводности воды, скажем о распространенной ошибке, часто встречающейся в аквариумной литературе.

Для характеристики воды необходимо знать не электропроводность S , а **удельную электропроводность λ** , которая относится к единице длины проводника (в нашем случае — к 1 см слоя воды или раствора). Значение λ измеряется в сименсах (См) или микросименсах (мкСм), а λ — в мкСм/см.

Для измерения удельной электропроводности раствора разработано много приборов и измерительных ячеек. Достаточно простой самодельный прибор для определения электропроводности воды предложен аквариумистом И. И. Ванюшиным (журнал «Рыбное хозяйство», 1990г, № 5, стр. 66 — 67). Мы расскажем об этой конструкции, внося необходимые уточнения и дополнения.

Прежде всего, надо приготовить измерительный сосуд с двумя угольными электродами (графитовые стержни от батареек диаметром 6 мм). Схема такого сосуда приведена на рис. 19. Сам

сосуд можно склеить из органического стекла. Электроды надо хорошо закрепить при помощи водостойкого клея. Размеры ячейки могут быть изменены при изготовлении.

На рис. 20 приведена схема прибора для измерения электропроводности, работающего от источника питания с напряжением 9 В (батарея типа «Крона» или две плоские батарейки).

Принцип работы прибора состоит в следующем: он присоединяется к электродам измерительного сосуда (например, с помощью зажимов типа «крокодил»), в который налита исследуемая вода. Если в мосте сопротивлений (R_5, R_6, R_7, R_X) нет равновесия, то возникают колебания звуковой частоты, которые можно слышать в телефоне. Вращая ручку переменного сопротивления R_7 , добиваются минимального уровня шума в телефоне. Этому положению будет соответствовать условие $R_7 = R_X$,

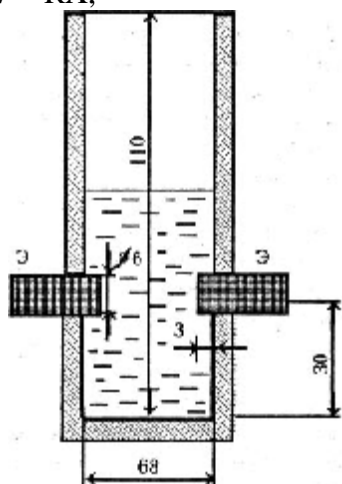


Рис. 19. Сосуд для измерения электропроводности воды (Э — графитовые электроды)

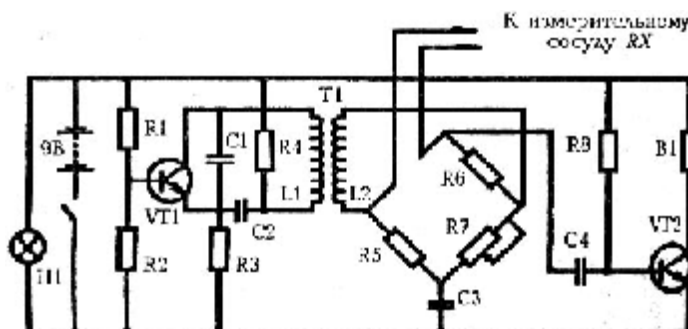


Рис. 20. Схема прибора для измерения электропроводности воды

Детали:

транзисторы VT_1, VT_2 — $KT315$; конденсаторы C_1, C_3, C_4 — $0,1 \text{ мкФ}$, C_2 — $0,22 \text{ мкФ}$; сопротивления R_1, R_2 — $3,9 \text{ кОм}$, R_3 — 22 кОм , R_4 — 12 кОм , R_5, R_6 — 1 кОм , R_7 (переменное) — $1...2 \text{ кОм}$, R_8 — 150 кОм , R_X — измеряемое сопротивление (вода); H_1 — контрольная лампочка на 9 В; трансформатор T_1 — выходной звуковой от транзисторного приемника с соотношением, обмоток $L_1:L_2 = 4:1$; телефон B_1 — с сопротивлением $900...1600 \text{ Ом}$; выключатель S_1

Прибор (точнее переменный резистор R_7) необходимо отградуировать в значениях сопротивления. Для этого вместо измерительного сосуда к нему надо подключить постоянное электрическое сопротивление и отметить положение ручки R_7 , которое ему соответствует.

Для градуировки можно рекомендовать следующие сопротивления: 1 кОм (электропроводность 1000 мкСм), 4 кОм (250 мкСм), 10 кОм (100 мкСм). Можно взять и другие сопротивления, при этом надо учитывать, что значение электрического сопротивления (R) и электропроводности (S) взаимосвязаны:

$$R = \frac{1}{S} \quad (21)$$

Для того, чтобы точнее определить удельную электропроводность, нужно знать постоянную сосуда для измерения S_X . Приготовьте $0,01 \text{ М}$ раствора хлорида калия (KCl) и измерьте его электросопротивление R_{KCl} , (в кОм) в приготовленной вами ячейке, как рассказано выше. Постоянная сосуда определяется по формуле:

$$C_K = R_{KCl} \cdot \lambda_{KCl} \quad (22)$$

где λ_{KCl} , — удельная электропроводность $0,01 \text{ М}$ раствора KCl при данной температуре в мкСм/см , приведенная в табл. 24.

Теперь, если вы измерили сопротивление образца раствора или воды R_x (в кОм), то удельная электропроводность находится по формуле:

$$\lambda = C_k / R_x \quad (23)$$

Полученное значение электропроводности будет соответствовать температуре 20 °С. Если температура воды другая, то измеренное значение надо умножить на поправочный коэффициент (эти коэффициенты приведены в табл. 25). Тогда результат будет приведен к температуре 20 °С.

Электропроводность характеризует общую соленость воды. Однако исследование гидрохимических свойств многих природных и аквариумных вод показывает, что по значению электропроводности можно приблизительно определить общую жесткость воды dGH, пользуясь калибровочным графиком, приведенным на рис. 21.

Определив удельную электропроводность воды, отметьте это значение на вертикальной шкале и проведите горизонтальную линию до калибровочной кривой. Из точки пересечения этой линии с кривой проведите вертикаль до шкалы жесткости, определив значение dGH. Еще раз подчеркиваем, что это лишь приближенный метод определения общей жесткости воды.

Таблица 24 Удельная электропроводность 0,01 М водного раствора хлорида калия

Температура, °С	15	16	17	18	19	20
λ_{KCl}	1147	1173	1199	1225	1251	1278
Температура, °С	21	22	23	24	25	
λ_{KCl}	1305	1332	1359	1386	1447	

Таблица 25 Поправочные коэффициенты для электропроводности при различной температуре

Температура, °С	12	13	14	15	16
Поправочный коэффициент	1,213	1,182	1,151	1,132	1,095
Температура, °С	17	18	19	20	21
Поправочный коэффициент	1,071	1,2046	1,023	1,000	0,979
Температура, °С	22	23	24	25	28
Поправочный коэффициент	0,958	0,937	0,919	0,901	0,840
Температура, °С	27	28	29	30	
Поправочный коэффициент	0,810	0,790	0,770	0,750	

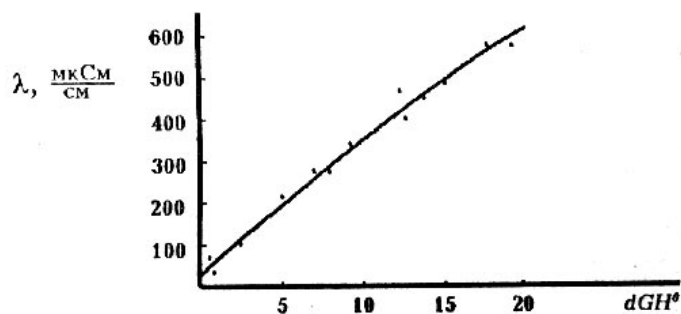


Рис. 21. Калибровочная кривая для приблизительного определения жесткости воды (dGH) по удельной электропроводности. Точки — экспериментальные значения для различных природных вод, по которым построена кривая

ПОДГОТОВКА ВОДЫ И ПОДДЕРЖАНИЕ ЕЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Обычно для заполнения аквариума используют водопроводную воду. Конечно, перед этим аквариумист должен узнать ее гидрохимические характеристики и, в первую очередь, жесткость и кислотность. Знание этих параметров определяет выбор рыб и растений, а также тип аквариума (например, если это биотопный водоем, то помогает выбрать подходящий биотоп). Хлорированная вода (такой она является в большинстве крупных населенных пунктов) должна отстояться в течение нескольких дней (не менее 5 — 6 суток).

Во многих случаях аквариумисту приходится изменять химический состав воды: увеличивать или уменьшать жесткость, соленость, кислотность, вносить раз — личные добавки, проводить частичную подмену воды. О том, как это надо делать, мы расскажем в данной главе.

Умягчение воды

Как мы уже неоднократно отмечали, при содержании и разведении некоторых водных организмов используют мягкую воду (более мягкую, чем вода в данной местности). Химические способы умягчения воды, основанные на внесении в воду различных реактивов, не подходят для аквариумистов, т. к. в результате удаления одних веществ (солей кальция и магния) в воде появляются другие.

Во многих руководствах по аквариумистике предлагается в качестве источника мягкой воды использовать дождевую воду. Действительно, эта вода достаточно мягкая, имеющая невысокую общую соленость. В табл. 26 приведен состав, жесткость и pH атмосферных осадков, выпавших вблизи некоторых городов России. В большинстве случаев жесткость такой воды составляет менее 0,5 °dGH.

Однако дождевую воду для аквариумных целей надо использовать очень осторожно: вблизи больших городов и крупных предприятий она бывает сильно загрязнена различными вредными для рыб веществами (диоксид серы, оксиды азота, аммиак, органические соединения, кислоты и др.). Лучше всего ее пропустить через активированный уголь (например, через фильтр «Родничок»).

Таблица 26 Состав и свойства дождевой воды, собранной вблизи некоторых городов России

Город	Концентрация, мг/л			Общая жесткость °dGH	pH
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺		
Москва	2,0	0,3	2,3	0,35	5,7
С-Петербург	0,9	0,2	1,7	0,17	5,3
Екатеринбург	1,3	0,3	2,3	0,25	5,6
Кисловодск	1,5	0,4	1,4	0,30	5,9
Казань	1,4	0,4	1,9	0,29	5,6

Простой способ снижения жесткости воды — кипячение. Но надо помнить, что кипячение снижает лишь карбонатную жесткость. При этом, чем дольше будет кипятиться вода, тем больше снизится карбонатная жесткость (dKH). Такая вода может иметь достаточно большую жесткость (за счет постоянной жесткости dNKH), но нейтральную или слабокислую реакцию, т. к. из нее удалены гидрокарбонаты, сообщающие воде щелочные свойства. Кипячение, однако, не решает проблемы существенного умягчения воды.

Эффективный способ умягчения воды — вымораживание. Вымораживание можно проводить в эмалированной или пластмассовой посуде в морозильнике соответствующего объема или зимой. После того как замерзла примерно половина воды, пробивают ледяную корку, сливают остатки жидкости (она стала содержать больше солей), а лед растапливают, получая достаточно мягкую

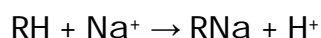
воду. В зависимости от жесткости исходной воды, после вымораживания значение dGH в ней обычно составляет 1—3°.

Одним из лучших способов получения мягкой воды является дистилляция. В химических лабораториях используются электрические дистилляторы (например, ДЭ-4), имеющие высокую производительность.

Дистилляция основана на испарении воды с последующей конденсацией ее паров на холодном теле. На рис. 22 показана лабораторная установка для дистилляции (перегонки) воды, которую может собрать и аквариумист. В колбу с боковым отводом наливается вода и помещается несколько кусочков битого фарфора (для более равномерного кипения). Для лучшей очистки можно добавить по несколько капель растворов перманганата калия (до слабозеленоватого цвета) и серной кислоты. Колба закрывается пробкой с термометром. Через водяной холодильник, где происходит конденсация паров, пропускается проточная холодная вода. Дистиллированная вода собирается в сборной емкости. Колба с исходной водой нагревается на газовой горелке или электроплитке. Аквариумист, использующий такие дистилляторы, может получать небольшие количества дистиллированной воды.

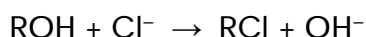
Значительно более производительным является метод обессоливания воды с применением ионообменных смол (ионитов). Этот метод может быть реализован аквариумистами в домашних условиях, поэтому расскажем о нем подробнее.

Иониты — вещества, которые содержат подвижные ионы (катионы или анионы), которые могут обмениваться с катионами или анионами электролита. Рассмотрим механизм работы катионита (он обменивает катионы). Его формулу можно представить в виде RH , где R — сложная органическая частица. При прохождении катионов металлов через катионит происходит реакция обмена, например, в случае ионов натрия



Если через катионит пропустить смесь хлоридов ($NaCl$, KCl , $CaCl_2$, $MgCl_2$ и т. д.), то на выходе мы получим раствор HCl . После пропускания через катионит определенного количества растворов, его надо регенерировать: пропустить раствор кислоты. При этом он принимает исходную форму:

Аниониты (например, в OH — форме ROH) аналогично обменивают анионы:



Регенерацию анионитов проводят раствором щелочи ($NaOH$, KOH) или соды, в которых имеются ионы OH^- , образовавшиеся в результате гидролиза. При регенерации анионит восстанавливает исходную форму:

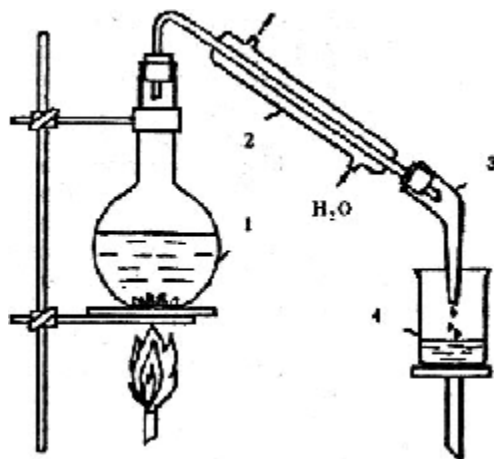
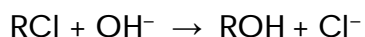
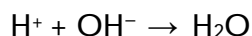


Рис. 22. Установка для перегонки воды: 1 — колба с исходной водой, 2 — холодильник, 3 — аллонж, 4 — сосуд для сбора дистиллята.

Если через анионит пропускать смесь кислот, то на выходе мы будем получать воду, т. к.



Таким образом, пропуская воду с растворенными солями последовательно через катионит и анионит, мы получим чистую воду. Для аквариумистов мы рекомендуем использовать катиониты КУ-2, КУ-23 и анионит АВ-17.

Прибор для опреснения воды — ионообменную колонку — можно изготовить из стеклянной или пластмассовой трубки диаметром 3—6 см и длиной 40—60 см. Понадобятся две тонкие трубки: для катионита и анионита. С помощью резиновых или пластмассовых трубочек и переходников собирается система, изображенная на рис. 23.

Иониты перед заполнением колонок должны быть подготовлены. Вначале их заливают на 10—12 часов для набухания.

Катионит помещают в колонку и пропускают через нее 5%-ный раствор серной или соляной кислот из расчета 400 мл раствора на 100 г сухого катионита. Затем пропускают через катионит дистиллированную воду (объем в 2 раза больше, чем объем раствора кислоты).

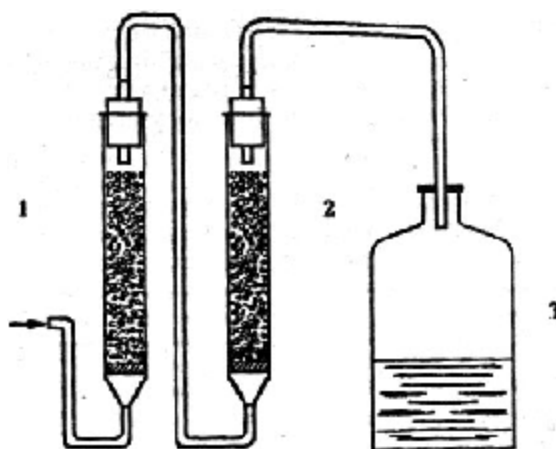


Рис. 23. Схема установки для опреснения воды при помощи ионообменных смол:

1 — колонка с катионитом, 2 — колонка с анионитом, 3 — сосуд с опресненной водой.

Анионит после набухания помещают в другую колонку, пропускают 5%-ный раствор щелочи (гидроксид натрия NaOH или гидроксид калия KOH), из расчета 300 мл раствора NaOH (или 400 мл раствора KOH) на 100 г сухого анионита, и промывают дистиллированной водой (объем в 2—3 больше, чем объем щелочи). После этого систему собирают и готовят к работе.

Какое количество дистиллированной воды можно получить в такой системе без регенерации? Это определяется количеством ионитов и их обменной емкостью. Так, если на заполнение колонок затрачено по 100 г катионита КУ-2 (КУ-23) и анионита АВ-17 (в расчете на сухие иониты), то с помощью такой установки можно обессолить до 100 л воды с жесткостью около 10 °dGH. Если вода более мягкая, то объем получаемой без регенерации ионитов воды пропорционально возрастает, если жесткость больше — объем уменьшается.

После отработки колонки отключаются от установки, и проводится регенерация ионитов (те же операции, что и при подготовке к работе, но без набухания). В нерабочем состоянии колонки надо хранить заполненными дистиллированной водой.

Итак, мы рассмотрели основные методы получения обессоленной, или дистиллированной воды. В табл. 97 показано, в каких соотношениях надо брать жесткую дистиллированную воду, чтобы получить определенное значение dGH.

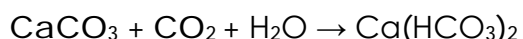
Таблица 27 Объем дистиллированной воды в мл, которую надо добавить к 1 л водопроводной для получения воды с заданной жесткостью

Жесткость водопроводной воды	Требуемая жесткость, °dGH			
	1	4	6	8
6	2000	500		
8	3000	1000	330	
10	4000	1500	660	250
12	5000	2000	1000	500
14	6000	2500	1400	750
16	7000	3000	1800	1000

Повышение жесткости и солености воды

Жесткость воды можно повысить, растворяя в ней различные вещества. Проще всего увеличить постоянную (некарбонатную) жесткость. Для этого мы рекомендуем приготовить 10%-ный раствор хлорида кальция (этот раствор продается в аптеках) и 10%-ный раствор сульфата магния ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — основной компонент горькой соли, также продающейся в аптеках). Для повышения жесткости на 1 dGH надо на 100 л воды аквариума внести 18,3 мл 10%-ного раствора $CaCl_2$ или 19,7 мл 10%-ного раствора $MgSO_4$. Мы рекомендуем добавлять эти растворы примерно в одинаковых количествах для поддержания необходимого рыбам и растениям соотношения ионов.

Несколько сложнее повысить карбонатную жесткость воды. В некоторых руководствах предлагается положить в воду карбонатные породы (мел, мрамор, доломит и др.). Однако, надо помнить, что растворение этих пород в воде происходит лишь в присутствии углекислого газа:



Источником CO_2 могут служить рыбы, газированная вода, специальный прибор, о котором будет рассказано ниже в этой главе. При использовании этого способа повышения карбонатной жесткости надо помнить, что для увеличения dKH на Г в 100 мл воды должно раствориться 1,8 г карбоната кальция $CaCO_3$ или 1,5 г карбоната магния $MgCO_3$. Опять отметим, что лучше брать обе соли в равных количествах.

Для содержания некоторых рыб (живородящие, тетрадоны и др.) и некоторых водных животных требуется вода не только жесткая, но и имеющая достаточно высокую общую соленость. Обычная рекомендация, часто встречающаяся в книгах по аквариумистике, — добавлять в воду поваренную соль ($NaCl$). Этот способ нам представляется не самым удачным. Во-первых, увеличивая концентрацию ионов Na^+ и Cl^- , мы нарушаем общее соотношение ионов в воде. Во-вторых, избыток ионов натрия неблагоприятно сказывается на развитии многих аквариумных растений. Поэтому мы рекомендуем аквариумистам для повышения общей солености воды использовать смеси солей (сульфатов и хлоридов) натрия и калия с преобладанием последних. Можно использовать смеси: $NaCl + K_2SO_4$ или $Na_2SO_4 + KCl$. Для расчета требуемого количества каждой соли надо знать: чтобы повысить соленость 100 л воды на 1 г/л (одно промилле) в ней надо растворить 100 г смеси указанных солей.

Изменение кислотности воды

Аквариумист часто сталкивается с проблемой изменения pH в аквариумной воде. Однако, как правило, это свойство является вторичным, во многом зависящим от жесткости: обычно более жесткая вода — щелочная, более мягкая — кислая. Существуют способы химического воздействия на воду, позволяющие немного увеличить или уменьшить pH. Следует помнить, что эти изменения часто непродолжительны (через некоторое время система возвращается в исходное состояние), поэтому необходим постоянный контроль pH.

Увеличить кислотность (уменьшить pH) можно, вводя в аквариумную воду растворы кислот: фосфорной, уксусной, серной, соляной. Добавлять кислоту к воде надо очень осторожно (по каплям). Лучше взять 1—2 л воды из аквариума и, добавив несколько капель раствора кислоты, вылить воду обратно. Если будет необходимость, то операцию повторяют.

Хороший способ подкисления воды — добавление соли, которая имеет кислую реакцию из-за процесса гидролиза. Такими солями являются дигидрофосфат натрия NaH_2PO_4 и дигидрофосфат калия KH_2PO_4 . Воду со слабокислой реакцией (pH 5,3—6,5 в зависимости от жесткости) можно получить, растворив 20—30 г одной из названных солей в 100 л аквариумной воды.

Достаточно мягкую (обессоленную, дистиллированную) воду можно подкислить отваром торфа. Для этого 10—20 г верхового торфа кипятят в 1 л дистиллированной воды в течение получаса. Охлажденный отвар отфильтровывают и хранят в холодильнике. Отвар добавляют в воду до приобретения ею золотистой окраски.

Хорошим способом понизить pH и поддерживать его на таком уровне является использование фильтров с наполнителем из торфа. Можно применять комбинированный метод: добавление веществ с кислой реакцией и установка торфяного фильтра.

Для подщелачивания воды (увеличения pH) лучше всего использовать не щелочи, а вещества со щелочной реакцией, например, гидрофосфат натрия Na_2HPO_4 , гидрофосфат калия K_2HPO_4 , гидрокарбонат натрия (питьевая сода) NaHCO_3 . Для получения воды со слабощелочной реакцией в 100-литровом аквариуме надо растворить 3—8 г одной из названных солей (или смесь их).

Насыщение воды углекислым газом

При содержании оранжерей и палудариумов с аквариумными растениями, при выращивании растений в аквариумах без рыб, при необходимости повышения карбонатной жесткости воды и увеличения питания для растений применяют насыщение воды углекислым газом. При соблюдении некоторых предосторожностей можно растворять CO_2 в воде аквариумов с большой плотностью растений и с малочисленным рыбным населением, но только в дневное время.

Самый удобный способ — насыщение углекислым газом из специальных баллонов. Такие системы выпускают зарубежные фирмы, например, фирма «Dupla» (Германия). Можно приспособить для этой цели сифоны для получения газированной воды, однако это не очень производительный и достаточно дорогой способ.

Достаточно простой прибор для получения углекислого газа можно изготовить из U-образной трубки, как показано на рис. 24. В одном из колен трубки делают перегородку из пластмассы (например, шарик из полиэтиленовой пленки), на которую кладут несколько кусочков мела, мрамора или другой породы, содержащей известняк. Через воронку, вставленную в другое колено, заливают раствор (10—15%) соляной кислоты в таком количестве, чтобы он покрыл известняк. Начинается реакция, выделяется углекислый газ. Если перекрыть кран на газоотводной трубке, то выделившийся газ вытеснит кислоту из колена с известняком (кислота уйдет в другое колено и воронку), реакция прекратится. Таким образом, можно регулировать поток углекислого газа. Можно, например, открыть газ не полностью: кислота покроет не весь известняк, и газ будет идти, однако менее интенсивно, чем при полностью открытом кране.

Можно предложить много модификаций такого прибора, используя пробирку или колбу с боковым отводом и даже молочную бутылку, снабженную пробкой с двумя отверстиями: для воронки и газоотводной трубки.

Для того, чтобы кислота не попала в аквариум, желательно углекислый газ из прибора пропускать в предохранительную емкость, изготовленную из пробирки или специальную химическую склянку (рис. 25).

При отсутствии специальных приборов для получения углекислого газа, в оранжевых и палудариумах можно устанавливать баночки, в которые наливается немного разбавленного раствора соляной кислоты и кладется кусочек известняка. Однако с такими приспособлениями надо обращаться очень осторожно: если кислота прольется в воду, то это может вызвать гибель многих растений.

Рис 24. Прибор для получения углекислого газа:

- 1 — U-образная трубка,
- 2 — воронка,
- 3 — прокладка из пластмассы,
- 4 — раствор соляной кислоты,
- 5 — карбонат кальция (мел, известняк),
- 6 — газоотводная трубка с краном

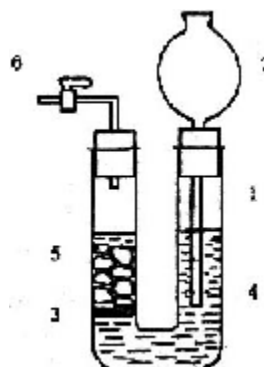


Рис 25. Приспособления для предотвращения попадания кислоты в аквариум

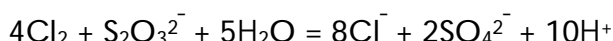
Удаление хлора из воды

Как мы уже говорили, водопроводную воду часто хлорируют для обеззараживания. Хлор — токсичное для рыб вещество. При использовании хлорированной воды для заполнения аквариумов необходимо освободить ее от растворенного ядовитого газа.

Простейший способ — выстаивание воды в течение 5—6 суток. Процесс ускоряется (приблизительно в 2—3 раза), если в емкость с водой поместить распылители от воздушных компрессоров.

Хлор удаляется из воды при кипячении. Однако при этом уменьшается также карбонатная жесткость, что не всегда желательно.

При дехлорировании небольших количеств воды и необходимости быстрой ее подготовки применяют химический метод. Для химической обработки хлорированной воды чаще всего в ней растворяют тиосульфат (гипосульфит) натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в количестве 10 г на 100 л. Тиосульфат-ионы превращают хлор в малотоксичные хлорид-ионы:



Хорош для удаления хлора из водопроводной воды адсорбционный метод, основанный на пропускании ее через слой активированного угля. Для этого, например, хорошо использовать бытовой фильтр «Родничок», однако надо быть уверенным в том, что наполнитель (активированный уголь) еще не полностью отработан. В такую воду можно сразу помещать аквариумных рыб.

Удобрения для растений

Мы уже говорили о том, что растениям для хорошего развития нужны макро- и микроэлементы. Макроэлементы (азот, фосфор, калий, натрий, сера, хлор, магний, кальций) практически всегда содержатся в аквариуме в достаточном количестве. В случае нехватки магния можно воспользоваться 10%-ным раствором MgSO_4 , и добавлять его по 0,2—0,5 мл на 100 л воды в аквариум.

Микроэлементов в воде аквариума часто оказывается недостаточно, особенно для успешного роста растений. При частичной подмене воды многие из этих элементов попадают в аквариум с водопроводной водой. Приведем результаты проведенного нами химического анализа состава водопроводной воды в г. Москве (Юго-Западный округ, сентябрь 1989 г.) в мг/л:

Бор	0,02
Алюминий	0,08
Медь	0,001
Марганец	0,04

Барий	0,03
Стронций	0,21
Железо, никель, олово, кобальт все	0,0

Однако многие из микроэлементов расходуется в первые 1—3 дня, поэтому возникает необходимость их внесения в аквариум.

Для успешного роста растений, прежде всего, необходимы соединения железа. Например, в природных биотопах обитания криптокорин содержание этого элемента составляет до 0,2—0,5 мг/л. Железо надо вносить в аквариум в виде двухвалентных соединений, т. к. соли железа (II) мгновенно гидролизуются и выпадают в осадок в виде гидроксидов. Недостатком солей железа (II), например, сульфата FeSO_4 или железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, является их легкая окисляемость в воде до соединений железа (III) (затем они также выпадают в осадок). Лучшие удобрения содержат железо в виде комплексных соединений железа, особенно хелатного типа. К таким соединениям относятся комплексы железа с этилендиаминтетрауксусной кислотой и некоторыми другими комплексообразующими агентами, которые еще более эффективны.

При внесении железных удобрений надо помнить, что для создания концентрации 0,1 мг/л надо в 100-литровом аквариуме растворить 0,05 г железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Этого вполне достаточно для большинства растений. Такую дозу железосодержащих соединений надо вносить не реже двух раз в неделю (при достаточно большом количестве растений в аквариуме).

Для внесения других микроэлементов обычно готовят раствор, содержащий их соединения. В табл. 28 приведены важнейшие микроэлементы и соединения, которые могут быть использованы в комплексном удобрении.

Таблица 28 Соединения, которые могут быть использованы в качестве микроудобрений для растений

Микроэлемент	Соединения
Бор	H_3BO_3 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (бура)
Марганец	$\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Никель	$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NiCl_2 , $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Кобальт	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Медь	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Цинк	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ZnCl_2 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Литий	LiCl , Li_2SO_4
Алюминий	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, AlCl_3 , $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Олово	SnCl_2 , SnSO_4
Титан	K_2TiO_3
Иод	KI , NaI
Бром	KBr , NaBr
Ванадий	NH_4VO_3 , KVO_3
Молибден	Na_2MoO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$

Для приготовления удобрения берут 500—600 мг соединений бора, 300—400 мг — марганца, по 50 мг — соединений титана, кобальта, никеля, меди, цинка, алюминия, молибдена, по 25 мг — соединений ванадия, олова, лития, брома и иода. Эти вещества растворяют в 1 л воды, получая концентрированное удобрение.

Есть сведения, что для минерального питания растений нужны также кадмий, хром, свинец, мышьяк, рубидий. Возможно добавление их соединений в концентрированное удобрение в микроколичествах.

Расход микроэлементов растениями различен. В табл. 29 приведены результаты анализа воды в аквариуме сразу после внесения микроэлементов, через 12 часов и 3,5 суток. Контрольный аквариум имел объем 375 л (50 х 50 х 150). В нем росли эхинодорусы, апоногетоны, длинностебельные растения (высокая плотность посадки), освещение — люминисцентные лампы (200 Вт).

Большинство аквариумистов не имеет возможности анализировать воду на содержание микроэлементов, т. к. это можно сделать лишь с использованием современных инструментальных методов анализа, доступных только специальным лабораториям. Поэтому комплексное удобрение с микроэлементами вносится регулярно (обычно 1 раз в неделю) в количестве 2 мл на 100 л воды в аквариуме. Такая методика дает хорошие результаты при выращивании аквариумных растений. Если образуется избыток какого-либо элемента, то он удаляется при подмене воды.

Таблица 29 Изменение концентрации микроэлементов в аквариумной воде

Элемент	Сразу после внесения удобрения	Через 12 часов	Через 3,5 суток
Бор	0,0600	0,0540	0,042
Марганец	0,0056	0,0015	0,001
Никель	0,0440	0,0015	0,032
Кобальт	0,0150	0,0350	0,010
Медь	0,0054	0,0000	0,000
Алюминий	0,1600	0,0900	0,080
Стронций	0,4200	0,3800	0,360
Железо	0,1230	0,1010	0,000
Олово	0,0260	0,0230	0,020

Следует отметить, что приготовление удобрений для аквариумных растений — сложное занятие: необходимо выдержать определенный порядок растворения отдельных компонентов, внести добавки веществ, которые способствуют хорошему усвоению микроэлементов растениями. Поэтому мы рекомендуем аквариумистам, увлекающимся выращиванием водных растений, использовать специальные удобрения. Например, нами разработаны препараты серии «УАР»: УАР-31 (трехкомпонентное), УАР-21 (двухкомпонентное), УАР-100 (однокомпонентное).

При использовании удобрений, никаких других добавок для роста растений в воду вносить не нужно, Рекомендации по внесению витаминов в аквариумную воду неоправданны, т. к. растения сами синтезируют витамины из неорганических веществ. Нами не обнаружено положительное влияние витаминов на рост аквариумных растений.

Подмена воды в аквариуме

Подмена воды в аквариуме — очень важная процедура, поддерживающая аквариум в устойчивом состоянии. В процессе подмены воды происходит удаление из нее избытка вредных веществ:

нитратов и других азотсодержащих соединений, гуминовых кислот и т. д. Кроме того, со свежей водой в аквариум вносятся некоторые необходимые вещества и, прежде всего, — микроэлементы. Подмена воды, совмещенная с чисткой грунта от избытка органических остатков, позволяет не допустить переход аквариумной системы в состояние деградации (см. рис. 17).

Подмену воды проводят один раз в неделю (или 10 дней). При этом заменяется 1/4 - 1/3 часть объема аквариума. Воду, вновь заливаемую в аквариум, желательно предварительно отстоять в эмалированной или стеклянной посуде в течение суток или нагреть ее до 60 °С и после остывания налить в аквариум.

Если аквариум достаточно большого размера (более 100 л), то, как показывает опыт, можно заливать до 20% воды непосредственно из водопровода. При этом ее температура должна быть 20—25 °С, т. е. надо смешивать горячую и холодную воду. Как уже отмечалось в первой части, хлор, содержащийся в водопроводной воде, в течение нескольких секунд реагирует с растворенными органическими веществами и нейтрализуется. Периодическую подмену воды обычно совмещают с работами по чистке аквариума: укорачивают и прореживают растения, удаляют старые листья, чистят стекла, фильтры, грунт. Все это также способствует поддержанию аквариума в хорошем состоянии

Полная замена воды в аквариуме проводится обычно редко: только при неблагоприятном состоянии, развитии водорослей, массовой гибели рыб и т. д., а также в очень старом аквариуме, когда он начал деградировать.

ФИЛЬТРАЦИЯ И РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ В АКВАРИУМЕ

В аквариуме происходит постоянное накопление органических остатков (не съеденный корм, экскременты рыб и моллюсков, погибшие обитатели). Под действием кислорода и микроорганизмов эти остатки разлагаются до простых минеральных соединений (CO_2 , NH_3 , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^- и других). В природных водоемах концентрация минеральных веществ в воде достаточно стабильна, поскольку часть их ассимилируется растениями, а другая часть выносится вместе с потоком воды. В аквариуме плотность посадки рыб значительно превышает природную. Поэтому весь органический материал в объеме аквариума не может быть преобразован в неорганические вещества. При недостатке и при отсутствии растений происходит постепенное накопление минеральных веществ в воде. При достижении определенной концентрации начинается токсическое воздействие продуктов обмена на обитателей аквариума. Не успевающие разлагаться органические остатки образуют ил, который делает воду мутной, закрывает грунт, препятствуя кислородному обмену.

Для удаления излишков минеральных и органических остатков из аквариума проводится чистка и подмена воды, о чем говорилось выше, а также применяется фильтрация аквариумной воды. Главное назначение фильтрации — это удаление из воды нежелательных составляющих (органических и минеральных частиц, молекул, ионов, микроорганизмов). Аквариумные фильтры обычно бывают двух типов: механические и биологические. Кроме фильтрации, существует еще несколько методов очистки воды: химический, флотация, озонирование и ультрафиолетовое облучение.

Механическая фильтрация

Механическая очистка заключается в удалении из воды взвешенных частиц и водорослей за счет пропускания воды через фильтрующий элемент. Удаление частиц происходит при просачивании воды через узкие каналы фильтрующего материала (гравия, сетки, волокна и т. д.). Эффективность очистки возрастает при уменьшении размера частиц фильтрующего материала или диаметра проходных каналов. Однако уменьшение каналов возможно лишь до определенных пределов, поскольку при этом начинает возрастать сопротивление потоку жидкости и снижается

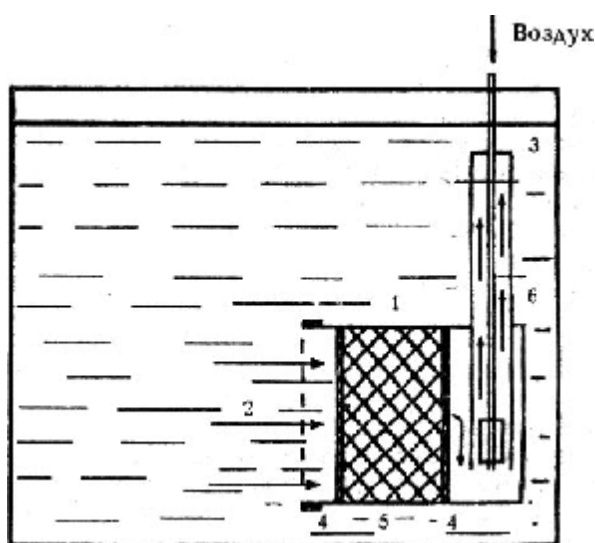
производительность фильтра. В процессе фильтрации взвешенные частицы начинают оседать в самом начале фильтра, уменьшая диаметр проходных каналов. Это приводит к более полной очистке воды в данной зоне, тогда как последующие слои фильтрующего элемента работают менее эффективно. Поэтому не нужна толщина фильтрующего слоя более 5 см. Целесообразно применять фильтрующие элементы с различной величиной проходных каналов. Вода, последовательно проходя через слои со все уменьшающимися каналами, будет равномерно очищаться во всем объеме фильтра.

В зависимости от скорости прохождения воды, фильтры делятся на быстрые и медленные. Источником движения воды в медленных фильтрах обычно является эрлифт. Принцип его работы состоит в следующем: поток воздуха от компрессора в виде мелких пузырьков смешивается с водой; газоздушная смесь поднимается в узком вертикальном канале (трубке) выше уровня воды в аквариуме. Таким образом, через трубку прокачивается вода, а фильтрующий элемент может быть установлен на входе в трубку или при выходе из нее.

В быстрых фильтрах источником движения воды служат механические (чаще всего центробежные) водяные насосы (помпы). Они создают высокий напор воды, обеспечивая тем самым более высокую скорость циркуляции ее через фильтрующий элемент.

На поверхности фильтрующего элемента поселяются бактерии, преобразующие органические соединения до минеральных. Однако, поскольку объем механических фильтров невелик, полного разложения органических веществ в них не происходит. Используя механические фильтры, аквариумисты часто допускают одну ошибку. При работе фильтра живущие в нем микроорганизмы окисляют органические соединения, для этого им необходим постоянный приток кислорода. Некоторые аквариумисты в ночное время,

избегая шума или следуя инструкции по эксплуатации компрессора, отключают его, прекращая подачу кислорода в фильтр. При отсутствии кислорода вместо почти безвредных веществ начинают вырабатываться высокотоксичные для рыб сероводород H_2S , метан CH_4 , аммиак NH_3 . За время остановки фильтра эти вещества накапливаются в нем и при повторном включении выбрасываются в воду сразу в большом количестве. Это может привести к массовому отравлению рыб или травмам, связанным со скачком параметров воды (прежде всего pH). Поэтому аквариумистам не следует отключать работающие механические фильтры, не проводя при этом промывки или замены фильтрующего элемента.



Рас. 26. Внутренний механический фильтр: 1 — корпус, 2 — входное отверстие, 3 — выходное отверстие, 4 — ограничительные решетки, 5 — фильтрующий элемент, 6 — эрлифт

При работе фильтра в нем происходит накопление отфильтрованного материала. Необходимо периодически проводить промывку фильтрующего элемента. Дать точную рекомендацию о

частоте промывок невозможно, поскольку это зависит от объема аквариума, количества рыб, количества и скорости роста растений, объема и конструкции фильтра. Однако во всех случаях через 1—2 недели непрерывной его работы необходима промывка. Уточнить эти сроки можно только на практике.

Теперь остановимся на конструктивных элементах и технологических особенностях фильтров. В зависимости от места установки различают наружные и внутренние фильтры.

Принципиальная конструкция внутреннего механического фильтра представлена на рис. 26. Фильтр состоит из корпуса (1), в котором имеются два отверстия: одно большое входное (2) и другое выходное (3) меньшего размера. В выходной канал можно опустить распылитель, соединенный с компрессором, создав тем самым простейший эрлифт. В этом случае диаметр входного канала должен быть чуть больше диаметра распылителя. Если предполагается присоединить фильтр к помпе, то конструкция выходного отверстия должна соответствовать диаметру соединительного шланга и обеспечивать надежное и герметичное соединение с помпой. Внутренняя полость фильтра между ограничительными решетками (4) заполняется фильтрующим элементом (5). Фильтрующий элемент должен полностью заполнять эту полость, в противном случае могут образовываться незаполненные каналы, через которые устремится основной поток воды.

В качестве фильтрующего элемента используется крупный песок, гравий, пористый пенопласт, водостойкий поролон, синтетические волокна или вата. Главное — химическая инертность применяемого материала, устойчивость в воде, возможность его промывки и замены.

Наружные фильтры по действию ничем не отличаются от внутренних. Их преимущества перед внутренними состоят в том, что они имеют больший объем, не загромождают аквариум, в них легче проводить замену или промывку фильтрующего элемента. При эксплуатации наружного фильтра важно не допустить его переполнения аквариумной водой. Поэтому, обычно, вода перекачивается из фильтра в аквариум, а возвращается самотеком через водослив или через заполненную водой U-образную трубку. На рис. 27 приведены варианты конструкций и способы крепления наружных фильтров.

Биологические фильтры (биофильтры)

В биологических фильтрах осуществляется биологическая очистка воды: посредством бактерий и других организмов происходит переработка продуктов жизнедеятельности гидробионтов до неорганических соединений и удаление последних из воды биологическими методами.

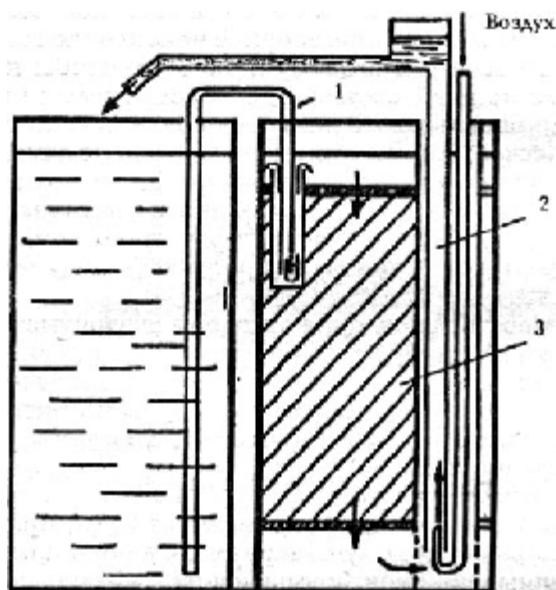


Рис. 27. Наружный механический фильтр: 1 — U-образная трубка для подачи воды в фильтр, 2 — эрлифт, 3 — фильтрующий элемент

Разложение органических молекул и преобразование их в минеральные соединения происходят под действием микроорганизмов. Эти микроорганизмы поселяются на развитой поверхности фильтрующего материала. Конечно, эти бактерии живут в толще воды, но там их значительно меньше. Например, в объеме гравийного фильтра количество аммонифицирующих бактерий, превращающих органические вещества в аммиак, составляет 10^5 штук на 1 см^3 , а нитрифицирующих (превращающих аммиак в нитриты) — 10^6 штук на 1 см^3 . В толще воды (в 5 см от поверхности) их количество примерно в 10 раз меньше.

В результате разложения органических веществ бактериями образуются углекислый газ, нитраты, фосфаты и сульфаты. CO_2 может выводиться из воды в атмосферу, а на свету поглощаться растениями. Анионы (NO_3^- , PO_4^{3-} и SO_4^{2-}) остаются в воде. Если аквариум достаточно плотно засажен растениями, эти продукты обмена могут быть полностью ассимилированы ими. При недостатке растений или их полном отсутствии происходит постепенное накопление этих продуктов распада в аквариумной воде. Чтобы поддерживать ионный состав воды в допустимых пределах, можно использовать химическую очистку (о ней будет рассказано) или проводить частичную замену воды. Можно рекомендовать аквариумистам установить промежуточные емкости, заполненные быстрорастущими плавающими растениями, которые поглощают излишки минеральных веществ, и пропускать воду через эти емкости.

Скорость накопления отходов в аквариуме и, соответственно, нагрузка на биофильтр, определяется видами рыб и других животных, плотностью посадки рыб и растений, частотой подмены воды и чистки аквариума. От всех этих факторов зависит объем и устройство фильтра.

Как показывает практика, объем биофильтра, полностью восстанавливающего состав воды, приблизительно равен объему аквариума. Однако, применение различных приемов, повышающих эффективность работы фильтра, позволяет уменьшить его объем в 2—3 раза.

Полная схема биологического фильтра представлена на рис. 28. Вода из аквариума поступает в механический фильтр (1), объем которого составляет приблизительно 5% объема биофильтра. Здесь удаляется значительное количество крупных органических частиц. Затем вода поступает в аэратор (2), где насыщается кислородом из воздуха (приблизительно 20% объема), после чего в фильтрующий элемент (3), где происходят процессы, конечными продуктами которых является образование CO_2 , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} других частиц. Этот фильтрующий элемент занимает приблизительно 50% объема. При необходимости после него следует сосуд, где происходит ассимиляция минеральных веществ растениями или химическая очистка воды. Такой биофильтр, по объему равный объему аквариума, может работать достаточно долгое время, но его необходимо постоянно обслуживать: промывать механический фильтр, удалять разросшиеся растения или регенерировать систему химической очистки.

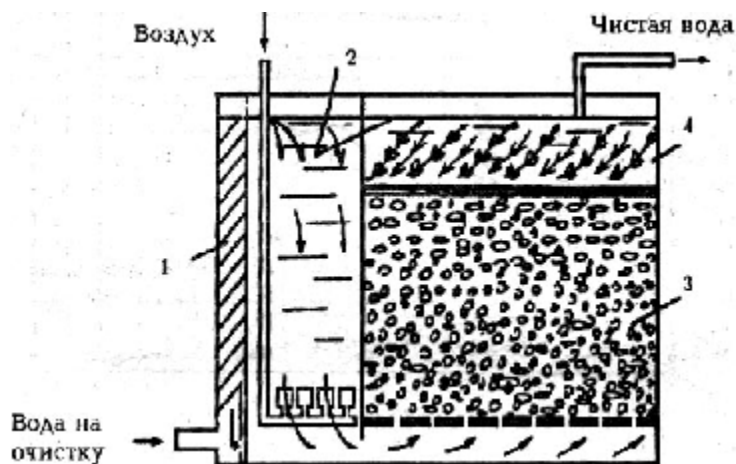


Рис. 28. Биологический фильтр: 1 — механический фильтр, 2 — аэратор, 3 — биофильтрующий элемент, 4 — отделение с растениями.

Устройство механического фильтра уже известно. Аэратор — это свободная часть сосуда, в котором расположены распылители (один на 50 см² площади дна). Устройство биофильтрующего элемента аналогично механическому, но с той разницей, что промывка проводится очень редко. Важную роль играет размер частиц, используемых в фильтрующем материале: от него зависит рабочая площадь, заселенная бактериями. Допустим, что в 1 см³ поместили кусочек гравия шарообразной формы диаметром 10 мм. Однако, в том же объеме можно разместить 8 частиц диаметром 5 мм. Простейший расчет показывает, что во втором случае площадь поверхности частиц вдвое больше. Но слишком мелкий фильтрующий материал быстро засоряется. Поэтому на практике используется гравий с размером зерен 2—5 мм. При создании фильтра следует учитывать, что период созревания культуры бактерий длится 2—4 недели, поэтому для ускорения этого процесса рекомендуется взять немного грунта с уже установившейся культурой из другого фильтра.

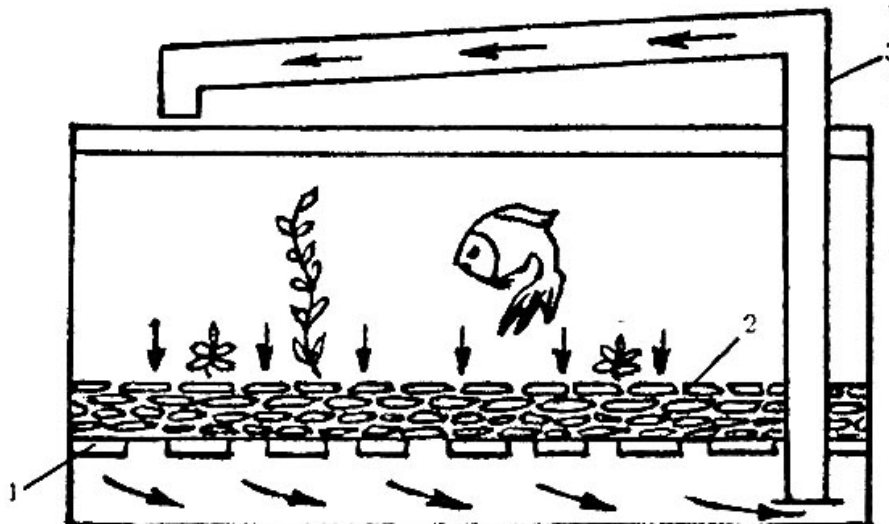


Рис. 29. Аквариум-биофильтр с фальшдном: 1 — фальшдно, 2 — грунт, 3 — эрлифт

Известны также и другие способы устройства биофильтров. Например, роль биофильтра может играть сам аквариум, устройство которого интенсифицирует процессы разложения и удаления продуктов обмена. Примером такого сосуда служит сосуд с фальшдном (рис. 29). Это дно обычно изготавливают из пластмассы, просверлив в ней многочисленные мелкие отверстия. При этом направление движения воды принципиального значения не имеет. Культура микроорганизмов образуется в грунте и активно перерабатывает принудительно проходящий через него поток воды. Важным моментом является обеспечение равномерного по всей площади дна тока воды через слой грунта.

Еще один вариант биофильтра приведен на рис. 30. Здесь фильтрующий элемент собран в кассеты, при этом слой фильтрующего материала невелик, а его поверхность сильно развита, фильтр такой конструкции будет оказывать очень малое сопротивление потоку жидкости. Принцип работы состоит в следующем: по трубке (1) вода из аквариума попадает в биофильтр (2) и проходит через кассеты с фильтрующим материалом (3).

Стенки кассет имеют отверстия или делаются решетчатыми для обеспечения циркуляции воды. Из центра кассет очищенная вода по эрлифту (4) подается в общий коллектор (5) и далее в аквариум. В центре кассеты помещается распылитель, который обеспечивает ток воды и насыщает ее кислородом.

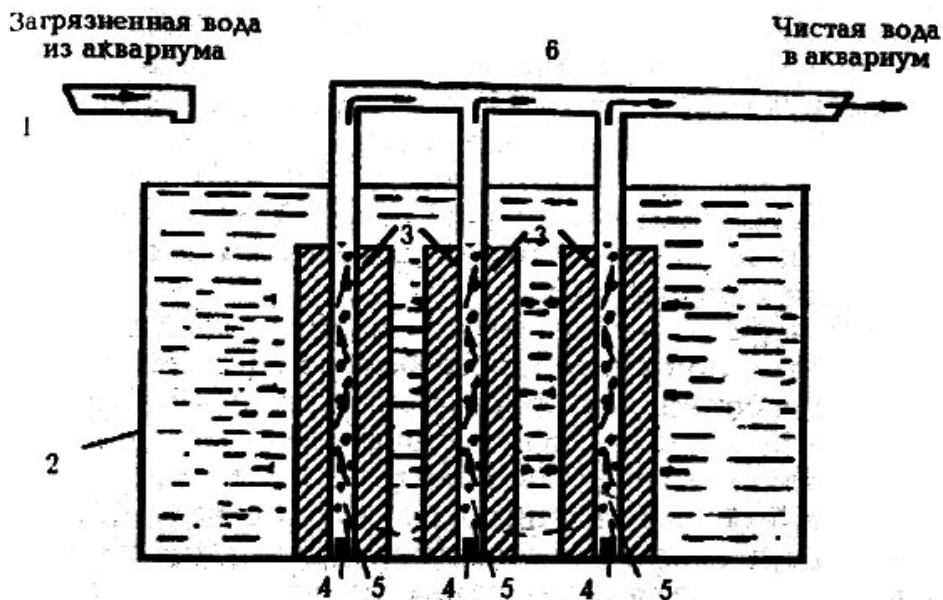


Рис. 30. Каскадный биофильтр: 1 — трубка для подачи воды, 2 — биофильтр, 3 — кассеты с фильтрующим материалом, 4 — распылители, 5 — эрлифт, 6 — коллектор

Химическая фильтрация воды

Химическая очистка является специфичным видом, поскольку удаляет из воды определенные соединения, для которых предназначен применяемый реагент. Системы химической очистки применяются, например, при подготовке водопроводной воды и удалении хлора (о чем говорилось выше). Для действующих аквариумов особый интерес представляет разновидность химической очистки воды, связанная с фильтрацией ее через активированный уголь, ионообменные смолы или некоторые другие вещества.

Угольные фильтры применяют в основном для обесцвечивания воды и удаления нитратов, фенолов, хлора, пестицидов и некоторых других веществ. Большая поглощательная способность активированного угля обусловлена пористой поверхностью. Например, истинная поверхность 1 г активированного угля высокого качества составляет 200—500 м². 100 г активированного угля могут извлечь из воды до 55 г растворенных веществ. На адсорбционную способность оказывают влияние различные факторы: рН и температура воды, скорость течения воды, концентрация веществ, размер частиц адсорбента и его качество.

Процесс очистки в угольном фильтре можно условно разделить на два этапа. На первом иногда происходит адсорбция органических молекул и неорганических ионов на частицах угля, на втором этапе — разложение некоторых органических соединений до минеральных. Так сочетаются процессы адсорбции и биологической очистки воды.

Активированный уголь по причине своей высокой поглощательной способности быстро засоряется, начинает работать как простой механический фильтр и нуждается в чистке. Для восстановления этого фильтра надо прокипятить активированный уголь в дистиллированной воде в течение часа, сменив воду дважды. Из-за трудоемкости восстановления адсорбционной способности угля в домашних условиях и отсутствия выпускаемых промышленностью фильтров, они не получили широкого распространения у аквариумистов нашей страны. В ряде случаев применение фильтров с активированным углем является необходимостью, например, при содержании морского аквариума или разведении рыб, очень чувствительных к чистоте воды. Во всех случаях следует обращать внимание на качество угля.

В аквариумных фильтрах могут быть применены ионообменные смолы (катиониты и аниониты), о которых рассказывалось в главе, посвященной умягчению воды. Для удаления катионов, например, нежелательных ионов аммония (NH_4^+), можно использовать катиониты КУ-2, КУ-23.

Однако надо помнить, что наряду с этими катионами будут удаляться и другие, например Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ и т. д.

При помощи ионообменных смол (анионитов), например, АВ-17, можно удалять анионы NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} и др. Подготовка катионитов и анионитов к использованию в фильтрах аналогична той, которая применяется перед опреснением воды, однако вместо растворов соляной кислоты и щелочи здесь следует использовать 5-10%-ный раствор хлорида натрия NaCl для обработки смол обоих типов.

Недостатком смол является их быстрое загрязнение органическими веществами. Поэтому для обеспечения нормальной работы ионообменного фильтра вода предварительно должна пройти через механический, а еще лучше и через биологический фильтры.

В качестве наполнителей фильтров, которые могут осуществлять химическую очистку воды, следует назвать верховой торф. Торфяные фильтры используются в тех случаях, когда надо получить мягкую и кислую воду и поддерживать ее в таком состоянии. С использованием торфяного наполнителя (периодически заменяя его на свежий) можно в течение 2—3 дней воду очень высокой жесткости ($20 \text{ }^\circ\text{dGH}$) превратить в мягкую (менее $4 \text{ }^\circ\text{dGH}$).

Очистка воды флотацией

Флотация — удаление нежелательных примесей из воды вместе с образующейся пеной. Этот метод, хорошо известный в горнообогатительной промышленности, был успешно применен в аквариумной практике.

Сущность метода основана на способности многих веществ адсорбироваться на поверхности пузырьков газа, проходящих через жидкость. Пузырьки газа поднимаются к поверхности жидкости, образуя пену, в которой концентрируются нежелательные примеси. Пена вместе с примесями удаляется и таким образом происходит очистка воды.

На рис. 31 представлена схема простейшего флотатора. Принцип его работы состоит в следующем. Вода из аквариума через механический фильтр непрерывно поступает во флотатор. Воздух из компрессора подается в распылитель (1), после чего в виде большого количества мелких пузырьков поднимается к поверхности воды. На поверхности пузырьков происходит адсорбция, главным образом, органических веществ. На поверхности флотатора образуется пена, которая задерживается пеноуловителем (2) и выносится в емкость для сбора загрязнений. Очищенная вода подается в аквариум или другие очистительные устройства. Флотационную очистку хорошо проводить перед ее биологической фильтрацией.

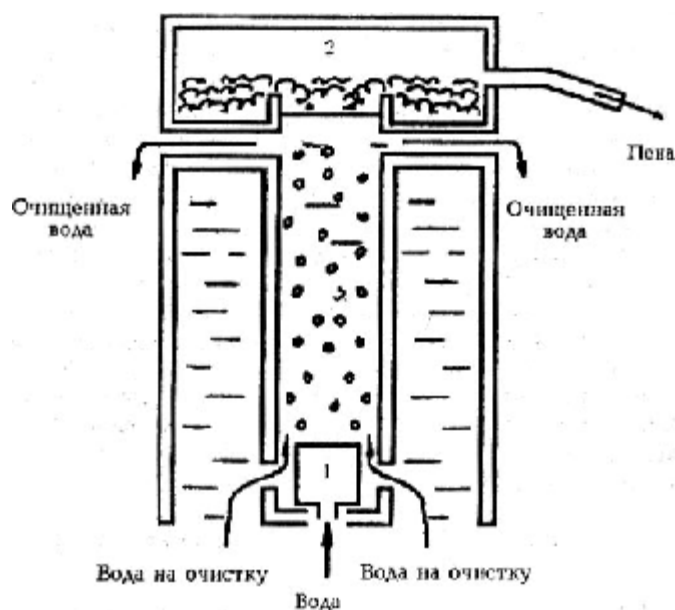


Рис. 31. Фильтр для очистки, воды; 1 — распылитель, 2 — пена

Озонирование воды

Озон O_3 — сильнодействующее дезинфицирующее и окисляющее вещество. Озон нашел применение в аквариумной практике для очистки воды.

Получают озон в специальных приборах — озонаторах. Собрать озонатор аквариумист может самостоятельно, например, воспользовавшись консультациями авторов В. Мигулина (журнал «Рыбоводство», 1985, № 3, с. 42 — 44) и Е. Овсянникова (журнал «Рыбоводство и рыболовство», 1980, № 7, с. 29 и 1982, № 3, с. 32). Эти озонаторы состоят из генератора на радиолампах или полупроводниковых приборах и газоразрядной трубки, из которой газ поступает в емкость для обеззараживания воды.

Озон за короткий промежуток времени уничтожает в воде бактерии, окисляет растворенные органические вещества и в меньшей степени неорганические ионы (соединения серы HS , S^2 , азота NH_4^+ , NH_3 , NO_2 , углеводороды).

Существенное преимущество озонирования состоит в том, что озон не оставляет в воде вредных веществ после обработки. Следы этого газа, токсичного для гидробионтов, удаляются через непродолжительное время. Установлено, например, что водоросли погибают при концентрации O_3 в воде 0,5—1,0 мг/л; дафнии и циклопы — при концентрации около 2 мг/л.

Озонирование воды следует проводить не в аквариуме, а в отдельном сосуде, чтобы избежать повреждения рыб. Воду из этого сосуда следует подавать в аквариум через угольный фильтр, с помощью которого удаляют следы растворенного озона, предупреждая их попадание к рыбам.

Озонирование воды особенно эффективно, если оно сочетается с другими методами очистки воды. Например, можно озонировать воду после флотаторов или биологических фильтров.

Обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением

Обработка воды ультрафиолетовыми лучами позволяет проводить ее дезинфекцию: уничтожаются различные нежелательные микроорганизмы, которые развиваются в большом количестве при содержании в замкнутой системе аквариума большого числа рыб. Этим способом можно освободить воду от бактерий, вирусов, спор грибов (сапролегнии и др.) и некоторых простейших.

Источником ультрафиолетового излучения могут служить специальные лампы (например, типа БУФ), которые похожи на обычные люминесцентные лампы, но без слоя люминофора. В дезинфицирующих устройствах вода должна протекать по стеклянной трубке, расположенной вдоль лампы. Скорость подачи воды должна быть не очень высокой.

Наибольшего эффекта облучение в ультрафиолетовой области света достигает при совмещении с другими видами очистки воды, в частности с биофильтрацией.

СВЕТ И ТЕПЛО

При протекании физико-химических, биохимических и других процессов в аквариуме существенное влияние оказывают световой и температурный режимы. Поэтому, рассматривая вопросы химии аквариумных процессов, нельзя обойти вопросы освещения и обогрева аквариумов.

Освещение имеет большое значение для жизни аквариума и его обитателей. Велико влияние света на жизнедеятельность микроорганизмов, населяющих толщу воды и обеспечивающих переработку органических и минеральных веществ. Свет позволяет рыбам ориентироваться в пространстве, находить корм, особой своего вида и противоположного пола; только при наличии света можно наблюдать рыб, да и сами рыбы принимают полную окраску только при достаточном освещении. Освещенный аквариум является декоративным элементом интерьера. Особенно велико влияние света на водную растительность.

Для аквариумиста важны три характеристики освещения: общая освещенность, длительность освещения и спектральный состав света.

Освещенность — величина, характеризующая силу падающего света на единицу площади поверхности воды. Освещенность влияет на интенсивность роста аквариумных растений, измеряется в люксах. Один люкс (лк) соответствует освещенности, создаваемой световым потоком в 1 люмен на площади в 1 м². В природе освещенность открытой водной поверхности в солнечный день достигает 100 000 лк. Водоемы, из которых происходит большинство обитателей аквариума, часто прикрыты деревьями, крупными кустарниками; поверхность воды бывает затянута плавающей и поднимающейся со дна растительностью; кроме того, сама поверхность воды отражает часть света. Количество отраженного света зависит от угла падения световых лучей, Так, при отвесном падении света отражается 2% света. Проходящий в воду свет поглощается и рассеивается следующим образом: на глубине 1 м в чистой воде поглощается 36% красного, 23% оранжевого, 7% желтого, 1,6% зеленого и 0,5% синего света. В воде постоянно присутствуют растворенные вещества и взвешенные частицы, которые также поглощают свет. Все эти факторы приводят к тому, что освещенность, при которой существует большинство водных организмов, составляет от 5 до 5000 лк. В аквариуме мы можем создать освещенность практически до 5000 лк (на поверхности), поэтому надо следить за тем, чтобы не было слишком мало света.

Потребности различных растений в освещенности сильно различаются: придонным растениям бывает достаточно 100 лк, тогда как некоторые плавающие на поверхности воды виды требуют не менее 2000 лк.

Измерение освещенности лучше всего проводить люксометром, но для приближенной оценки можно воспользоваться фотоэкспонетром. Для этого замеряют экспозицию на зеркале, установленном под углом 45°, как показано на рис. 32. Затем, пользуясь табл. 30, определяют освещенность. В качестве косвенной характеристики освещенности можно использовать отношение мощности осветительных ламп в ваттах (Вт) к объему аквариума в литрах.

Таблица 30 Определение освещенности при помощи фотоэкспонетра

Показания экспонетра для пленки чувствительностью 46-60 ASA		Освещенность	Пригодность освещения для водных растений
4	2	38	Слишком слабый свет для водных растений
4	2	19	
4	1/2	75	Освещение растений, малотребовательных к свету (крипторина кордата)
4	1/4	150	
4	1/8	300	Освещение подходит для растений средних слоев воды
4	1/15	600	
4	1/30	1200	
4	1/60 1/125	2400	Освещение подходит для плавающих на поверхности воды растений
4		4800	

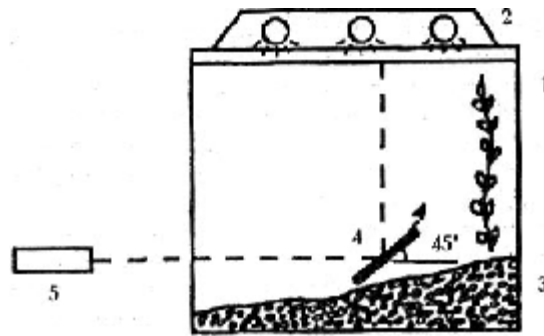


Рис. 32. Определение освещенности с помощью фотоэкспонетра:
 1 — аквариум, 2 — осветители, 3 — грунт, 4 — зеркало, 5 — фотоэкспонетр

На основании многолетнего опыта можно рекомендовать следующие мощности устанавливаемых осветительных приборов (для светильников люминесцентного освещения с отражателем);

0,1—0,3 Вт/л — для аквариума без растений;

0,2—0,4 Вт/л — для тенелюбивых рыб, в этом случае выбор растений ограничен (крипторины аффинис, Бласса, кордата, Гриффита; папоротники болбитис и микрозориум, яванский мох; отдельные кусты эхинодорусов и сагиттарий);

0,3—0,5 Вт/л — для аквариума с небольшим количеством растений (аквариум тропического леса), при такой освещенности будет расти большинство аквариумных растений, но их рост замедлен, некоторые кусты вытягиваются к свету;

0,5 — 0,8 Вт/л — наиболее приемлемая освещенность для декоративного аквариума; в таких условиях прекрасно развиваются и принимают яркую окраску большинство растений; эта освещенность рекомендуется для создания декоративных интерьеров;

свыше 0,8 Вт/л — освещенность для аквариума с высокой плотностью посадки растений (так называемый «голландский» аквариум).

Приведем пример. Если у вас имеется столитровый сосуд, то для создания декоративного аквариума общая мощность ламп должна составлять от 50 до 80 Вт.

Мощность освещения свыше 1,2 Вт/л приводит к значительному нагреву воды и применима лишь в специальных случаях. Приведенная в перечне мощность соответствует люминесцентным источникам освещения. Лампы накаливания той же мощности создают примерно втрое меньший световой поток.

Интенсивность освещения тесно связана с процессами фотосинтеза. Чем выше освещенность, тем активнее растения ассимилируют макроэлементы, находящиеся в воде, связывая продукты жизнедеятельности рыб, и восстанавливают благоприятную среду в аквариуме. При низкой освещенности и, соответственно, низкой активности растений, вода быстрее насыщается продуктами обмена, в первую очередь нитратами и углекислым газом.

Длительность освещения в естественных природных условиях (длина светового дня) непостоянна, она зависит от времени года и от географической широты. Чем дальше от экватора, тем больше может быть разница между продолжительностью дня и ночи. Многие водные растения приспособили свой годовой цикл развития к сезонам: у них могут наступать периоды покоя, цветения, плодоношения, активного роста, а у некоторых видов — гибели или перехода в зимнюю спячку. Растение определяет вид наступившего времени года по длине светового дня, точнее, как показали более поздние сведения, по длине темного периода. В аквариуме ситуация меняется: здесь длиной светового дня управляет человек и, если управлять этим процессом неправильно, можно получить неожиданные результаты. Например, при увеличении продолжительности освещения у некоторых растений начнут образовываться плавающие или надводные листья, у

других растений плавающие листья появятся при коротком световом дне. Для имитации длинного светового дня может быть достаточно кратковременного включения света в темное время или попадания в аквариум общего освещения в комнате или света, падающего из окна. Для практического применения аквариумистам можно рекомендовать длину светового дня 10—12 часов. При такой длительности освещения большинство растений будет нормально развиваться, не давая плавающих и надводных листов. В меньшей степени длина светового дня воздействует на рыб, но следует помнить, что большинство аквариумных рыб происходит из тропической зоны и длина светового дня, т. е. период активности дневных рыб, составляет примерно 12 часов (такова же и длительность тропической ночи). Таким образом, продолжительность освещения 12 часов в сутки соответствует естественным условиям жизни рыб и растений. Неправильно поступают те аквариумисты, которые включают освещение аквариума только в утренние и вечерние часы. Естественного освещения через окно для аквариума не хватает. По этой же причине не следует использовать фотореле для включения — выключения света в зависимости от освещенности на улице.

Третий из названных факторов — спектральный состав света. Из всего спектра растения для роста используют синие и красные световые лучи, а зеленые отражают. Поэтому для лучшего роста растений эффективными будут источники света, имеющие повышенную интенсивность излучения в синей и красной зонах спектра. Из используемых для общего освещения люминесцентных ламп по спектральному составу больше всего подходят лампы типа ЛБ (лампы белого цвета) и лампы типа ЛДЦ (лампы дневного света с улучшенной цветопередачей). Лампы ЛД несколько хуже, лампы же цветового свечения ЛК, ЛС, ЛР и другие следует использовать только для создания цветового эффекта.

При содержании аквариума большое значение имеет температурный режим в нем. Температура тела рыб и растений всегда равна температуре воды. Известно, что скорость химических реакций связана с температурой, поэтому при изменении теплового режима будет меняться и скорость превращений в организме (обычно, при увеличении температуры на 10 °С скорость реакций увеличивается в 2—4 раза). Это ведет к повышенной потребности в питании, кислороде, а также, к увеличению отходов жизнедеятельности. Биохимические процессы определяются работой ферментов. При изменении температуры организм изменяет количество ферментов таким образом, чтобы сохранить весь материальный и энергетический баланс.

Биохимические процессы, проходящие в организме, сбалансированы только в определенном диапазоне температур. Сезонные колебания температуры в тропических водоемах, откуда происходит подавляющее большинство аквариумных питомцев, невелики и находятся в пределах 20—30 °С, и рыбы приспособлены к жизни в довольно узком интервале температур, который необходимо поддерживать в аквариуме. При этом диапазон 23—26 °С устроит большинство обитателей.

Обычно аквариум располагается в жилом помещении, где температура составляет 18—22 °С. Установленные осветители подогревают воду на 2—4 °С. Если при этом аквариум закрыт сверху стеклом, температура возрастает еще на 1—3 °С. При выключении света вода остывает, и снижение температуры может быть недопустимо для рыб и растений. Чем больше аквариум, тем меньше суточные колебания (утренней — низкой и вечерней — высокой) температур. Суточные изменения температуры на 1—3 °С не страшны и вполне соответствуют колебаниям в естественных местах обитания рыб.

Существуют противоречивые сведения о пользе и вреде суточных колебаний температуры на 1—3 °С. Некоторые авторы утверждают, что такие температурные изменения благотворно влияют на здоровье рыб: увеличивается скорость их роста и развития, кроме того, рыбы закаляются. Но существует и противоположное мнение. Например, описано (Холь) увеличение в 1,5—2 раза продолжительности жизни рыб, содержащихся при постоянной температуре. Нам представляется, что возможно содержание рыб и растений при постоянной температуре, но допустимы также

суточные колебания ее, не превышающие 3 °С. В случае слишком сильного (более 4 °С) снижения температуры ночью, на время выключения света, следует включать дополнительный нагреватель. Снижение температуры ведет к задержке развития рыб и растений, а также благоприятствует развитию многих болезней рыб.

При необходимости создать более высокую температуру воды устанавливаются нагреватели, включенные в течение всего дня. Мощность подогревателей выбирается в зависимости от объема аквариума и повышения температурного уровня относительно исходного. Подобрать мощность обогревателя можно, используя табл. 31.

Таблица. 31 Требуемая мощность обогревателей

Объем аквариума, л	Мощность обогревателя, Вт					
	при необходимости повысить температуру воды на					
	2°	4°	6°	8°	10°	12°
25	10	20	30	40	50	60
50	15	25	40	50	65	80
100	20	40	60	80	100	120
200	30	60	85	110	140	170

В аквариумной практике применяют различные схемы автоматической регулировки температуры воды. Широкое распространение благодаря дешевизне получил автомат с применением в качестве чувствительного элемента биметаллических пластин (двух скрепленных между собой пластин, изготовленных из металлов, имеющих различные коэффициенты теплового расширения). При изменении температуры длина разных слоев биметаллической пластины меняется по-разному. Это приводит к изменению кривизны пластины и, соответственно, к перемещению свободного конца, который связан с выключателем. Применяются схемы регуляции, построенные на базе контактных термометров.

БОРЬБА С ВРЕДИТЕЛЯМИ АКВАРИУМНЫХ РАСТЕНИЙ И РЫБ

В аквариуме, населенном рыбами и растениями, развивается множество растительных и животных организмов. Они попадают в аквариум вместе с кормом, водой, растениями, рыбами, пылью. Одни из этих организмов являются необходимыми для аквариума, другие — безразличными, третьи — вредными. Некоторые необходимые или безразличные организмы при определенных условиях начинают активно размножаться и в этом случае могут стать вредными. К вредным организмам, в первую очередь, относятся возбудители болезней рыб, большинство попадающих в аквариум беспозвоночных животных. Безусловно вредно для аквариума чрезмерное развитие низших водорослей.

Водоросли в аквариуме

Водоросли — распространенная группа растительных организмов. Они встречаются во всех природных водоемах, могут жить в любых сырых местах, образуют симбиозы с другими организмами. Кто из аквариумистов не встречал их в своих аквариумах? Без водорослей немислимо осуществление обмена веществ в аквариумной воде. Но не все они полезны для аквариума. Многие из них могут быть серьезными врагами аквариума. Они покрывают листья растений, дно и стенки, затрудняя при этом наблюдение за аквариумом и портя внешний вид. При

сильном развитии водоросли угнетают растения, потребляют в темное время необходимый рыбам кислород, некоторые выделяют в воду токсичные вещества. Активно участвуя в процессах обмена веществ, водоросли, развившись в больших количествах, за короткий промежуток времени резко изменяют химический состав воды. Это может привести к гибели рыб и растений.

Многие водоросли в аквариуме живут преимущественно в толще воды. Именно эта группа может принести аквариумисту массу забот. Рассмотрим важнейшие группы водорослей, поселяющихся в аквариуме.

Сине-зеленые водоросли Cyanophyta — колониальные или нитчатые многоклеточные организмы. Имеют характерный цвет за счет пигмента фикоциана, который придает им черноватую, синеватую или коричневатую окраску. Многие виды имеют слизистое покрытие. Сине-зеленые водоросли обычно поселяются на дне аквариума, затем поднимаются выше, покрывая стенки и растения плотным слизистым слоем. В аквариуме появляется неприятный запах. Иногда они образуют плавающую форму из коротких волосков длиной от 1 до 3 мм. Причинами активного размножения этих водорослей являются избыток минеральных и, прежде всего, азотсодержащих соединений, низкий редокс-потенциал, излишки вносимых удобрений. Развитие этих водорослей происходит при интенсивном освещении. Часто сине-зеленые водоросли поражают новые аквариумы, что связано с недостаточной ассимиляционной способностью высших растений после пересадки.

Для предотвращения появления сине-зеленых водорослей во вновь устраиваемом аквариуме следует сажать сразу большое количество растений. Рекомендуется поместить быстрорастущие виды, плавающие в толще воды (наяс, элодею, пузырчатку и т. д.) Эти растения, начав активный рост, не дадут возможности развиваться сине-зеленым водорослям. При появлении водорослей рекомендуется также снизить pH до 6,0. Помощь в борьбе с ними оказывают Моллинезии и пецилии, хотя часто из-за горького вкуса рыбы отказываются поедать их. При появлении первых следов сине-зеленых водорослей помогают улитки: физы, катушки и мелании.

Бурые водоросли Bacillariophyta — одноклеточные и колониальные организмы. Имеют характерный коричневый цвет из-за содержания в них пигмента диатомина. Бурые водоросли распространяются в виде плотных плоских образований на растениях, грунте и стенках аквариума, придавая ему грязный вид. Водоросли очень плотно прикрепляются к поверхности, так что даже от стенки отскоблить их сложно, а от растений практически невозможно.

Бурые водоросли появляются в аквариуме при высоких показателях pH (выше 7,5) и при недостатке света. Улитки соскабливают эти водоросли с поверхности аквариума и растений. Для борьбы с бурыми водорослями следует увеличить освещение.

Нитчатые водоросли Chlorophyta относятся к зеленым водорослям и образуют на дне, на растениях пучки, похожие на рыхлую вату, иногда неплотно прикрепляются к стенкам или растениям. Конкурируют с высшими растениями, потребляя питательные вещества и свет. В плотных клубках нитчатых водорослей могут запутаться и погибнуть рыбы. Появление нитчатых водорослей свидетельствует о благоприятных условиях в аквариуме, интенсивном освещении и достаточном количестве питательных веществ.

Нитчатые водоросли следует регулярно удалять из аквариума во время чистки, отсасывая вместе с водой или наматывая на деревянную палочку. Многие растительноядные рыбы едят эти водоросли, но полностью обычно не уничтожают. Разросшиеся пучки удаляют вместе с пораженными растениями. Существуют химические методы борьбы, но они губительны для многих высших растений.

Одноклеточные зеленые водоросли, плавающие в толще воды (хламидомонада, хлорелла и т. д.), всегда присутствуют в аквариумной воде, а во время бурного развития вызывают «цветение» воды. Этот процесс связан с избытком света и растворенных минеральных солей. Для борьбы с «цветением» воды наиболее эффективно применение растительноядных рачков — дафний. Они

идеально очищают аквариумную воду. Проблема при этом состоит в удалении рыб из аквариума с мутной водой перед посадкой туда дафний.

«Бородатая» водоросль — относится к роду *Somatorgon*. Среди аквариумистов она известна под названием «черная борода» или «вьетнамка». Представляет собой длинные, малоразветвленные, довольно толстые нити, полупрозрачные, от темно — зеленого до почти черного цвета. Они прочно прикрепляются к листьям и камням. Растут обычно небольшими пучками. К листьям прикрепляются преимущественно по краям, а особенно охотно — к острым вершинам. В аквариум эти водоросли или их споры заносятся с новыми растениями. К свету не требовательны, но предпочитают освещенные места, жесткую воду и высокий показатель рН. Как все водоросли успешно развиваются при избытке нитратов.

Пораженные «черной бородой» листья крупных растений или участки стеблей мелколистных удаляются из аквариума, поскольку отделить водоросли от поверхности растений невозможно. Неплохие результаты в борьбе с этими вредителями дает использование молодых ампулярий с диаметром раковины до 15 мм. Существующие альгициды (вещества, применяемые для борьбы с водорослями) эффективно действуют на эти виды. Хорошо зарекомендовала себя продувка воды углекислым газом в течение 6—8 недель при рН 6,2—6,6.

Кроме перечисленных, на листьях растений и на стенках поселяются мелкие водоросли, представляющие собой небольшие (до 20 мм высотой) пучки нитей, выходящие из одной точки, или плоские пятна диаметром до 5 мм. Те и другие могут быть черного или зеленого цвета в зависимости от видовой принадлежности поселившихся водорослей. Они крепко прикрепляются к основе, и отделить их бывает трудно. Большого ущерба растениям они не наносят, но портят внешний вид.

Для борьбы можно использовать рыб и улиток, но они действенны в начальной стадии развития. Если начальный момент развития упущен, то необходимо тщательно очистить аквариум от обрастаний и удалить поврежденные листья и участки растений.

Вместо того, чтобы бороться с водорослями, гораздо проще устранить причины, вызывающие их бурное развитие. В аквариуме водоросли и высшие растения питаются одними и теми же минеральными веществами. Более совершенное строение высших растений позволяет им активно ассимилировать питательные вещества, а водорослям ничего не достается. По — этому аквариум должен содержать много растений. Практически все дно должно быть закрыто растениями. Аквариум следует хорошо осветить (мощность люминесцентных ламп на 1 л — 0,5—0,7 Вт). Плотность посадки рыб 0,5 г на 1 л воды. Весь корм для рыб при одноразовом кормлении должен съедаться за 10—15 мин. В аквариум желательно поместить улиток (физ, меланий, катушек) из расчета 1 улитка на 2— 3 литра. Растения должны быть обеспечены необходимым набором микроэлементов. В таких условиях выделяющиеся азотные соединения будут быстро ассимилироваться растениями. Нарушение хотя бы одного из этих условий создает возможность для размножения водорослей.

Мы уже сказали о биологических методах борьбы с водорослями. Эти методы, связанные с использованием улиток и рыб, эффективны на начальных стадиях поражения аквариума. Сейчас у аквариумистов есть довольно широкий выбор растительноядных рыб: живородки, гиринохейлусы, анциструсы и некоторые другие. Ни одна из этих рыб не очищает аквариум полностью. С «цветением» воды, как уже отмечалось, можно бороться при помощи дафний.

Появляющиеся водоросли необходимо регулярно удалять при чистке аквариума. Надо обрывать пораженные листья, а иногда и растения целиком. Бережливость здесь может только принести вред. Пленки и налеты из водорослей удаляют шлангом. При сильном развитии водорослей рекомендуется уменьшить или даже на время прекратить кормление рыб и провести несколько раз подмену воды, причем доливать воду следует из аквариума с хорошо развивающимися

растениями. Очень полезно будет удалить всю грязь из аквариума. Эти меры уменьшат содержание минеральных веществ в воде и лишат водоросли обильного питания.

Если механические и биологические методы борьбы с водорослями не помогают, то придется воспользоваться химическими средствами.

Несмотря на то, что химические средства наиболее эффективны из всех имеющихся способов, следует признать, что пока еще не найдены средства, которые могут помочь аквариумистам во всех случаях. Вопрос борьбы с водорослями — одна из сложных проблем современной аквариумистики.

Известно, что большинство водорослей лучше развивается в жесткой воде с высоким показателем рН. Отсюда появились рекомендации, направленные на снижение рН. Это достигается добавлением в воду сильных кислот, что в некоторых случаях дает положительный результат, но далеко не всегда. Резкие скачки рН могут оказать неблагоприятное воздействие на рыб и растения. Кроме того, рН воды довольно быстро восстанавливается до исходного значения.

Для борьбы с сине-зелеными водорослями рекомендуется повышать редокс-потенциал воды путем добавления 3%-ного раствора пероксида водорода (Холь). Этот раствор надо вносить в аквариум по схеме: в первый день 3 мл/л, во второй — 3 мл/л, в третий — 5 мл/л. По нашим наблюдениям этот метод действует не всегда.

Испытано действие на сине-зеленые водоросли (Каль, Шидт) стрептомицина. Концентрация стрептомицина 3 мг/л безвредна для рыб и растений, но уничтожает водоросли в течение 120 ч. По наблюдениям этих же авторов развитию водорослей способствует спектральный состав освещения. Из отечественных люминесцентных ламп наиболее благоприятным спектром для развития водорослей обладают лампы типа ЛБ.

Имеются сведения о борьбе с «черной бородой» путем насыщения воды в аквариуме углекислым газом (Петере). Эта процедура оказалась безвредна для рыб и полностью уничтожает «бороду».

В литературе описан электролитический способ, при котором в аквариум были опущены две медные пластины с подключенным источником постоянного тока (напряжение 6—7 В) на 4 ч (Кункель). Это оказалось губительно для нитчатых зеленых водорослей, но при этом погибли улитки и сомики.

Достаточно универсальными средствами борьбы с водорослями (альгицидами) являются соединения меди или цинка, которые вносят в виде растворов солей. В аквариумную воду вносится от 0,5 до 2 мг/л ионов меди или цинка.

Таким образом, легко избавиться от сине-зеленых водорослей и «вьетнамки». Медь и цинк уничтожают также и бурые водоросли. На нитчатые зеленые водоросли их воздействие менее эффективно. Токсичная для водорослей концентрация губительно действует на некоторые растения. Часто погибают улитки, планарии и пиявки. Рыб на время лечения следует отсадить. После уничтожения водорослей аквариум следует почистить и произвести двух-трехразовую замену воды.

Существующие методы использования антибиотиков (в частности бициллина-5) в борьбе с сине-зелеными водорослями не дают надежных результатов. По-видимому, появляются новые, приспособленные к действию антибиотиков группы водорослей.

Химические средства борьбы с вредителями рыб

Химические препараты и методы нашли применение для борьбы с некоторыми видами животных, случайно попавших в аквариум и вредных для его обитателей.

Одним из нежелательных представителей беспозвоночных животных является гидра (*Hydra fusca*), попадающая в аквариум с кормом или растениями, чаще всего из природных водоемов. Это

кишечнополостное животное имеет прозрачное тело высотой до 2 см. Присоской гидры прикрепляются к растениям, к грунту, к стеклам. Щупальца, расположенные вокруг ротового отверстия, почти неподвижно висят в воде и, реагируя на движение, захватывают добычу. При прикосновении щупалец к жертве начинают работать стрекательные клетки, парализующие схваченное животное. В аквариуме гидра может питаться рачками и мальками рыб.

В качестве биологических способов борьбы с гидрой рекомендуется использовать лабиринтовых рыб (гурами, макроподы), которые съедают гидр при недостатке другого корма. Однако этот метод не очень эффективен. Для борьбы с гидрой можно рекомендовать электрохимический способ: в воду погружают два куска зачищенной медной проволоки. К ним подключают источник постоянного тока с напряжением 9—12 В (батарейка «Крона» или аналогичная) на 1—2 минуты. За 3—4 сеанса этой процедуры гидры погибают.

Можно использовать в борьбе с гидрой соли аммония: сульфат $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ или нитрат NH_4NO_3 . Сульфат аммония вносят в концентрации 50 мг/л, а нитрат — 80 мг/л. Желательно повысить температуру воды до 28—34 °С. В таких условиях гидры погибают через 3—6 дней. Для рыб внесение солей аммония практически безвредно, если вода имеет кислую или нейтральную реакцию (рН не более 7,5).

Применение различных химических препаратов в лечении рыб получило очень широкое распространение, т. к. они позволяют достаточно легко удалять болезнетворные микроорганизмы. Однако все аквариумисты должны помнить, что намного проще не допустить развитие болезней, чем вылечить своих питомцев. Поэтому мы уделим основное внимание использованию химических методов профилактики заболеваний.

Чтобы избежать попадание больной или зараженной рыбы в аквариум, рекомендуется провести карантинную обработку и карантинное содержание перед посадкой новой рыбы в аквариум в отдельном сосуде без грунта. Вода должна аэрироваться. За сосудом закрепляется собственный набор оборудования: сачки, скребки, распылители, термометры, шланги. Весь набор дезинфицируется после удаления рыб. На карантине рыба содержится в течение одного месяца. Если за это время признаков болезней не обнаружено, то рыбу помещают в общий аквариум. При появлении признаков болезни рыбу следует уничтожить. Аквариумный инвентарь и оборудование периодически дезинфицируют. Это можно сделать кипячением в течение 10—15 минут. Однако не все можно прокипятить (например, аквариумы, термометры, изделия из пластика). В этом случае профилактическую дезинфекцию проводят с использованием одного из следующих растворов: 0,1—0,15%-ный перманганат калия KMnO_4 ; 3%-ный хлорамин; 5%-ная серная (или соляная) кислота; 3%-ный формальдегид (в 100 мл воды растворяют 8 мл 40%-ного формалина). Дезинфекцию оборудования в этих растворах желательно проводить от одного до нескольких часов. Многие аквариумисты сачки постоянно держат в 3%-ном растворе хлорамина.

Значительно сложнее провести обеззараживание аквариумных растений, т. к. многие дезинфицирующие средства вызывают их гибель. Здесь можно рекомендовать промывку растений в 0,1%-ном растворе перманганата калия или 1—1,5%-ном растворе хлорида натрия (поваренной соли). Можно также рекомендовать профилактические ванны с использованием антибиотика бициллин-5 (15 000 ед/л) в течение 6 дней. Антибиотики ежедневно вносят в затемненный сосуд с растениями, а через 2 часа включают свет.

Для профилактики заболеваний рыб, гибели икры и лечения рыб любителям желательно иметь некоторые химические препараты. Рассмотрим некоторые из них.

Метиленовый голубой (или метиленовая синь) — хорошо растворимое в воде порошкообразное вещество, придающее растворам интенсивный синий цвет. Это вещество относится к сложным ароматическим аминам и обладает антисептическим действием. В концентрации 1—2 мг/л метиленовый голубой широко используется для предупреждения гибели икры рыб. Может быть использован в концентрации 0,5—0,7 мг/л для профилактических ванн, в которые помещают

новых рыб (на 3 часа) перед посадкой в новый аквариум. Сосуды с препаратом могут быть использованы при лечении некоторых заболеваний рыб (костиоз, триходиоз и др.) по следующей схеме: выдержка по 5 ч ежедневно в течение четырех суток (первые два дня концентрация 0,5 мг/л, третий и четвертый — 0,7 мг/л). Следует отметить, что метиленовый голубой отрицательно воздействует на многие растения, поэтому применение его в аквариуме с растениями нежелательно.

К ароматическим аминам относятся и некоторые другие препараты, применяемые в аквариумистике: кристаллический фиолетовый, основной фиолетовый К, малахитовый зеленый, бриллиантовый зеленый (основной ярко-зеленый). Все они также обладают антисептическим действием и могут заменить метиленовый голубой. Однако эти вещества в растворах менее устойчивы, чем метиленовый голубой, поэтому их растворы нельзя хранить длительное время, особенно на свету.

Трипафлавин также относят к органическим ароматическим аминам, обладающим антибактериальным действием. Он представляет собой оранжево-красный порошок, легко растворимый в воде. Обычно его раствор используют с концентрацией вещества 6—10 мг/л при температуре воды около 30 °С. Такой раствор имеет желто-зеленый цвет. Трипафлавин эффективен при профилактике ряда заболеваний и лечении костиоза, триходиоза, ооидноза, бархатной болезни и многих других заболеваний.

Аквариумистам надо помнить, что органические лекарственные препараты нельзя использовать в аквариумах с фильтрами (особенно содержащими гравий, уголь, смолу). Если есть необходимость удаления этих препаратов из воды, то наиболее эффективно пропускание ее через фильтр с активированным углем.

Не следует отказываться при профилактике заболеваний и лечении рыб от распространенных неорганических веществ. Прежде всего, это хлорид натрия (поваренная соль) в концентрации 1—1,5%, перманганат калия (0,001%), сульфат меди (0,01%). Эти препараты используют для профилактических ванн или лечения рыб в отдельных сосудах. Для этого необходимо приготовить три сосуда с водой для кратковременного содержания рыб. Перед посадкой рыб в первый сосуд вливается половина дозы лечебного препарата. После посадки в течение 4—5 мин добавляют остаток лекарства. После окончания сеанса лечения рыба переносится во второй сосуд на 30 минут, а затем — в третий, где и содержится до следующего сеанса. За это время первый и второй сосуды дезинфицируют.

С профилактикой заболеваний, дезинфекцией инвентаря и растений, лечением рыб аквариумисту приходится сталкиваться постоянно, поэтому в его хозяйстве должны быть обязательно многие из названных нами химических препаратов.

IV. ДЕКОРАТИВНЫЙ АКВАРИУМ В ИНТЕРЬЕРЕ

Знание основ аквариумной химии, использование их на практике поможет вам успешно содержать многих, в том числе очень редких и красивых аквариумных рыб, и выращивать водные растения. При этом аквариумист должен стремиться создать такой водоем, который бы органически вписывался в интерьер помещения и служил бы его украшением. В этом заключительном разделе книги мы хотим дать рекомендации, поделиться своим опытом по созданию декоративных аквариумов.

КАКИЕ БЫВАЮТ АКВАРИУМЫ?

Аквариумы могут быть самых разнообразных форм и конструкций. Некоторые из них показаны на рис. 33. Однако самой распространенной формой является правильный параллелепипед. Такой аквариум наиболее прост в изготовлении, в нем удобно размещать оборудование, наконец, в нем наиболее эффектно выглядят композиции из растений и рыб. Наиболее декоративны аквариумы, у которых ширина приблизительно равна высоте (или даже превосходит последнюю), а длина в 2—4 раза больше высоты. Популярные в свое время аквариумы — ширмы (высокие и узкие) в настоящее время в декоративных целях используются все реже, т. к. в них не удается создать эффект «бесконечности», достигаемый в широких сосудах.

Для усиления декоративного эффекта аквариумы располагают на специальных подставках или в стойках (рис. 34). При этом обычно для обзора оставляется одно смотровое стекло, а промежутки между аквариумами, вспомогательное оборудование закрывается декоративными материалами (дерево, ткань, пластмасса).

По назначению аквариумы можно подразделить на декоративные и специальные. Аквариумы могут предназначаться для содержания обитателей пресноводных, солоноватых и морских водоемов. В настоящей книге мы рассматриваем только пресноводные аквариумы. Солоноводные и морские аквариумы в нашей стране пока не получили широкого распространения по ряду причин (трудности в приготовлении воды и обслуживании, громоздкость вспомогательного оборудования, ограниченные возможности в приобретении морских животных).

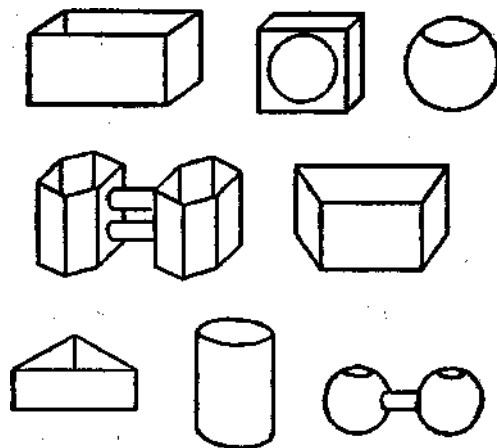


Рис. 33. Различные формы аквариумов

Среди декоративных аквариумов наиболее распространен ряд разновидностей в зависимости от их оформления.

1. Общедекоративные аквариумы, в которых собирают растения и рыб из различных географических областей, но со сходными условиями содержания. Такого типа аквариумы разной степени декоративности обычно создают начинающие любители. К этой группе следует отнести популярные «аквариумы тропического леса» с обитателями из различных тропических зон Земли.
2. Биотопиные аквариумы, представляющие собой модель водоема из какого—то определенного района земного шара. Это может быть копия какой—то реки, озера (например, «Средняя

Амазонка», «Озеро Малави» и др.) или аквариум с обитателями какой—то географической зоны (например, «Австралия», «Юго-Восточная Африка», «Шри Ланка», «Камерун» и т.д.).

3. Коллекционные — аквариумы, в которых наряду с обычными декоративными элементами представлена коллекция водных растений (криптокорин, анубиасов, эхинодорусов) или рыб (например, цихлид, живородящих, икромечущих карпозубых, сомов и т. д.).
4. Голландские аквариумы, принципы создания которых разработаны голландскими аквариумистами. Для голландских аквариумов характерна очень высокая плотность посадки растений, причем главным образом длинностебельных. В аквариум обычно помещают 1—2 крупных широколистных куста, располагая их в «сильных точках», но не в центре и не симметрично. При размещении всех растений следует избегать симметричности. Лучше всего высаживать их «улицами», под углом 30—60° к смотровому стеклу, причем задние ряды должны слегка возвышаться над передними. Голландский аквариум требует постоянного ухода: подрезки растений, удаления старых листьев, иначе будет нарушена первоначальная композиция. Рыбы в голландском аквариуме играют вспомогательную роль: обычно используют мелких рыб при низкой плотности посадки, иногда создаются аквариумы вообще без рыб.
5. Московский декоративный — такой термин предложил использовать известный московский аквариумист Б. В. Панюков. Аквариумы такого типа широко распространены у аквариумистов нашей страны. В качестве основных декоративных элементов используются водные растения. Однако есть и ряд отличий от аквариумов голландского типа. Во —первых, основу композиции составляют достаточно медленно растущие виды растений: криптокорины, анубиасы, оттели и др. Длинностебельные виды присутствуют, но играют второстепенную роль. Во — вторых, имеются открытые участки грунта — в промежутках между отдельными кустами и специально оставляемые для кормления рыб. Когда все растения в аквариуме этого типа разрастаются, он представляет собой великолепное зрелище. Набор рыб очень большой: можно использовать практически все виды, которые не портят растения.

Теперь рассмотрим основные виды специальных аквариумов.

1. Нерестовые — сосуды, используемые для разведения рыб. Эти аквариумы часто не имеют грунта, заполняются водой такого химического состава, который необходим для данного вида животных. В нерестовых аквариумах обычно устанавливают электроподогреватели с терморегуляторами, аэрацию и освещение (в некоторых случаях последнее не требуется). В таких аквариумах рыбы проводят короткий промежуток времени — только на время нереста, иногда — некоторое время до и после него.
2. Инкубационные — небольшие сосуды, в которые помещают икру рыб. В этих аквариумах должна быть вода определенного состава, которая постоянно аэрируется. Для поддержания температурного режима необходимы нагреватель с терморегулятором.
3. Выростные — достаточно большие корытообразные (ширина превышает высоту) аквариумы без грунта, с аэрацией, фильтрацией и терморегуляцией воды. Обычно в таких водоемах бывает высокая плотность посадки рыб, которые нуждаются в обильном кормлении.
4. Сосуды для проращивания семян растений — небольшие низкие плоские, помещаемые под источник света.
5. Сосуды для выращивания растений — низкие (5—20 см) аквариумы, в которые помещается крупнозернистый песок и рассада (проросшие семена, «детки» и мелкие кустики растений). Они должны быть оснащены дополнительным освещением.
6. Карантинные — аквариумы без грунта, в которые помещают вновь приобретенных рыб и растения на срок около месяца для выявления возможных заболеваний и паразитов.

7. Лечебные — сосуды, в которые заливается вода с лечебными препаратами, и помещаются рыбы для кратковременной или длительной обработки.
8. Специальные аквариумы, как правило, малодекоративны, однако обойтись без них невозможно. Желательно устанавливать такие сосуды в стойках. Например, если вы установили большой декоративный аквариум на тумбу, то во внутренней части тумбы можно разместить аквариумное оборудование и несколько небольших специальных сосудов.

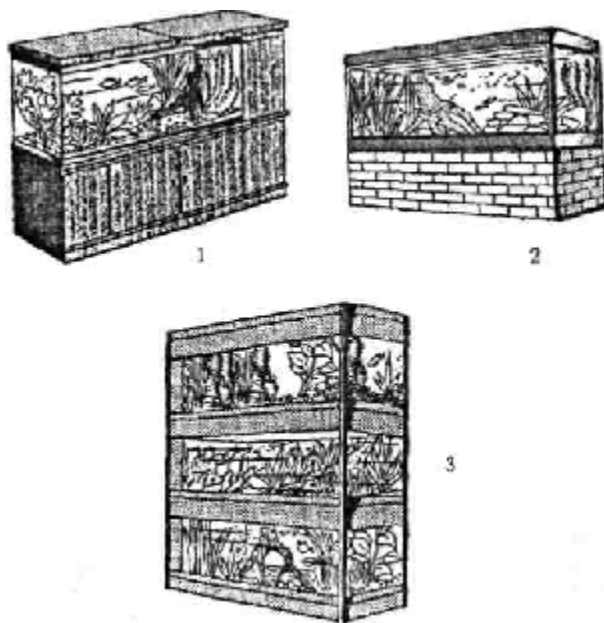


Рис. 34. Декоративные подставки (1, 2) и стойка (3) для аквариумов

РАСТЕНИЯ И РЫБЫ В ДЕКОРАТИВНОМ АКВАРИУМЕ

Выбор обитателей декоративного аквариума — не такая уж простая задача, как может показаться на первый взгляд, особенно если вы стремитесь достичь зрелищного эффекта. С особым вниманием надо отнестись к подбору растений, которые создают основу оформления аквариума.

Отечественная коллекция водных растений насчитывает более 250 видов и вариаций. Некоторые из них представляют собой декоративные сорта, выведенные путем гибридизации и селекционного отбора. Почти все растения, имеющиеся в распоряжении любителей, могут быть использованы в декоративных аквариумах. При подборе растений необходимо учитывать особенности их содержания (температура, pH, dGH). При размещении растений в аквариуме надо учитывать, на каком плане (переднем, среднем или заднем) их лучше сажать, использовать одиночные кусты или группы, а также потребность в освещении.

Рыбы в декоративном аквариуме играют вспомогательную роль, но они обязательно должны присутствовать; рыбы — это источник углекислого газа, необходимого для роста растений, а их экскременты — источник питательных веществ для гидрофлоры. При подборе рыб главный критерий — их отношение к водным растениям; рыбы не должны портить и выдергивать растения из грунта. Поэтому нежелательны в декоративном аквариуме некоторые цихлиды, крупные харациновые, крупные барбусы. Иногда растения выдергивают золотые рыбки.

Выбор рыб обусловлен условиями их содержания (они должны соответствовать подобранным растениям), размерами и окраской. Стайных рыб надо содержать группами (не менее 8—10 особей).

ОСНАЩЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ДЕКОРАТИВНОГО АКВАРИУМА

При подготовке аквариума в первую очередь надо подобрать грунт, который является одним из важнейших факторов его благополучия. Он служит декоративным элементом, почвой для растений, субстратом для обитания различных микроорганизмов, которые занимаются

переработкой продуктов жизнедеятельности населения аквариума. В грунте накапливаются минеральные вещества, необходимые для развития растений.

Грунт в аквариуме должен отвечать ряду требований. Во—первых, он должен способствовать максимальной циркуляции воды для обеспечения корней растений и микроорганизмов кислородом. Проточность грунта зависит от размера и формы частиц, толщины слоя, а также химического состава. Маленькие плоские частички быстро слеживаются и препятствуют току воды, несущему кислород к корням растений и выносящему продукты метаболизма. Нецелесообразно применение дробленых камней, т. к. острые кромки повреждают корни растений и могут поранить рыб. Очень крупные частицы также нежелательны: между ними скапливается большое количество органических отходов, а растения (особенно мелкие виды) плохо укореняются. Оптимальным является грунт, размер частиц которого от 2 до 10 мм. Во—вторых, при выборе грунта необходимо помнить, что большое количество известняков и доломитов нежелательно для использования в декоративном аквариуме с растениями (исключением являются аквариумы с рыбами, требующими жесткую воду). Проверяют наличие известняков в грунте, добавляя к нему 10—20%—ный раствор соляной, уксусной или азотной кислоты. Обильное выделение пузырьков газа свидетельствует о наличии известняков и доломитов. В случае необходимости проводят обработку грунта кислотой до полного прекращения выделения газа. Затем грунт тщательно промывают проточной водой.

Следует обращать внимание на цвет грунта. Темные тона предпочтительнее, так как рыбы приобретают более интенсивную окраску, оттеняются растения, менее заметны загрязнения. Как правило, в грунте темного цвета меньше содержится известняков.

Подобранный и обработанный грунт следует тщательно промыть. Промывать следует в проточной воде до исчезновения мути. В домашних условиях мыть грунт удобно в кастрюле объемом 3—5 л, поместив туда 0,5—1 л грунта. Воду наливают сильной струей до наполнения посуды на 2/3, затем интенсивно перемешивают и, дав осесть крупным частицам (1—3 сек), мутную воду сливают. Таких циклов требуется от 5 до 20. При промывке сильно засоренных грунтов целесообразно ввести предварительную промывку проточной водой в сите или в дуршлаге над ведром или баком для отстоя крупных частиц.

В аквариуме грунт обычно располагается с наклоном, так, чтобы у задней стенки слой был примерно в полтора раза толще, чем у передней. Такое расположение создаст в аквариуме эффект глубины и облегчит чистку, поскольку органические остатки будут скапливаться у переднего стекла. Средняя толщина грунта должна быть 3—6 см, а при наличии в аквариуме фальшдна (или фильтра с фальшдном) она может быть больше (10 см и более).

Добавлять торф, землю, глину и другие вещества в грунт аквариума не следует. Это приводит к закупорке каналов между зёрнами грунта и, соответственно, к образованию загнивших зон, а также стимулирует развитие низших водорослей. Попавшая в воду при пересадке растений глина вызовет сильное помутнение воды.

Для оформления аквариумов в практике используется целый ряд декоративных элементов. Конечно, главную роль при создании аквариумного интерьера играют растения. Но, к сожалению, они могут быть использованы не во всех аквариумах. Например, многие любители содержат растительноядных рыб или рыб, условия содержания которых несовместимы с растениями. Иногда слишком большая высота аквариума делает его непригодным для содержания растений.

В декоративном аквариуме применение всех элементов оформления должно быть направлено на создание ландшафта, максимально приближенного к природному. В качестве предметов оформления наибольшее распространение получили камни, коряги, куски природного торфа, туфа, песчаника, ракушечника.

Коряги очень декоративно выглядят в пресноводных аквариумах. Можно использовать коряги, долгое время пролежавшие на дне рек и ручьев с чистой водой. Перед тем как поместить их в

аквариум, рекомендуется провести предварительную обработку, прокипятив в течение часа. Если такой коряги нет, то ее можно изготовить из любой понравившейся ветки или корня. Лучше использовать твердые породы дерева: ива, ольха, ясень, вяз, клен.

Сначала необходимо снять кору, обрезать все мелкие и лишние части, затем замочить в сосуде с водой в течение 10 дней. Воду ежедневно меняют, следя затем, чтобы вся древесина была покрыта водой. После этого корягу обжигают паяльной лампой для придания темного цвета, затем вываривают в растворе поваренной соли (30 г/л) в течение 10—12 часов, кипятят 3—4 раза в пресной, каждый раз сменяемой воде, в течение 1,5—2 часов. После такой обработки корягу можно помещать в аквариум.

Камни, туф, песчаник, ракушечник перед использованием в аквариуме необходимо прокалить на огне или прокипятить, а затем тщательно вымыть щеткой. Ракушечник выделяет в воду соли кальция и магния, поэтому его следует использовать только в тех случаях, когда эти вещества нужны рыбам.

Камни широко используются для декоративного оформления аквариумов. Для речного ландшафта можно применять окатанные камни, располагая их поодиночке или группами. Чаще используются камни неправильной формы. Очень декоративно выглядит задняя стенка аквариума, выложенная камнями. Для аквариумов, оформленных без применения растений, это очень интересное решение. К тому же в щелях между камнями многие рыбы находят себе убежище. При подборе камней следует помнить, что растворимые вкрапления могут сделать непригодным очень красивый камень.

Торф для оформления используется кусковой. Особенно интересны в декоративном отношении куски волокнистого торфа. Для подготовки необходимо выбрать плотные куски и прокипятить их в течение 1—2 ч в воде, сменив ее 2—3 раза.

Все декоративные элементы, помещаемые вами в аквариум, должны быть природного происхождения. Применение любых промышленных отходов, шлаков, цветных стекол может изменить в неблагоприятную сторону химический состав воды и привести к гибели рыб и растений.

В аквариумах для рыб, повреждающих растения, для оживления ландшафта можно применять искусственные растения, скалы. Производство таких объектов развито за рубежом, а в последние годы появились и отечественные пластмассовые растения. Конечно, в тех аквариумах, где есть возможность содержать живые растения, использовать искусственные не стоит. Только правильное применение живых растений позволит создать настоящий уголок природы в домашнем аквариуме.

В каждом Декоративном аквариуме обязательна установка искусственного освещения. О значении света в аквариуме уже было рассказано в книге, здесь мы дадим еще несколько практических рекомендаций.

Исходя из размеров аквариума и плотности заселенности его растениями, определяется необходимая мощность осветительных приборов, количество ламп и порядок их размещения. Лучше использовать люминесцентные лампы, у которых выше светоотдача. Если будут применяться лампы накаливания, во избежание сильного перегрева светильника и воды, применяют лампы мощностью 15—60 Вт. Это помогает также более равномерно осветить аквариум.

Для оттока избытка тепла в осветителе необходимо предусмотреть несколько вентиляционных отверстий. Для этих же целей дроссели от люминесцентных ламп располагают не в светильнике, а под аквариумом. Это также уменьшает массу светильника. Дроссели же, расположенные под дном аквариума, будут дополнительно обогревать воду.

Для повышения эффективности освещения, необходимо приблизить лампы к поверхности воды. У передней стенки аквариума следует оставлять свободное пространство (15—20 см) для отлова и кормления рыб и проведения гигиенических мероприятий.

Декоративные аквариумы могут быть оснащены другим вспомогательным оборудованием: нагревателями с терморегулятором, термометром, фильтрами, распылителями и др. Все это оборудование желательно тщательно замаскировать, чтобы оно не мешало наблюдению за подводным миром. »

В процессе оформления декоративного аквариума главное — умело расположить декоративные элементы и посадить растения. Здесь трудно давать готовые рецепты: все определяется художественным вкусом аквариумиста. Мы приведем в качестве примера схему расположения растений и набор рыб в наших декоративных аквариумах.

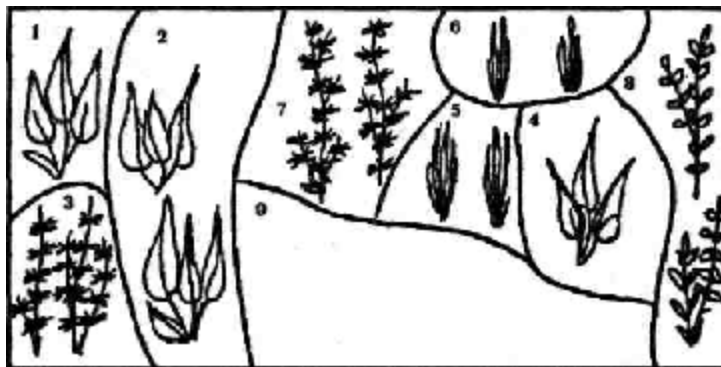


Рис. 35. Схема планировка аквариума объемом 84 л

На рис. 35 представлен аквариум вместимостью 84 л (длина 60 см, ширина 35 см, высота 40 см). Аквариум оснащен светильником с мощностью люминесцентных ламп 50 Вт (лампа 20 Вт и U-образная лампа 30 Вт); и нагревателем (мощность 50 Вт) с терморегулятором. В аквариум посажены растения:

- 1 — *Microsorium pteropus* — 6 кустов;
- 2 — *Cryptocoryne affinis* — 5;
- 3 — *Rotala rotundifolia*. — 12;
- 4 — *Cryptocoryne walkeri* — 5;
- 5 — *Vallisneria spiralis* — 7;
- 6 — *Cryptocoryne balansae* — 3;
- 7 — *Limnophila sessiliflora* — 6;
- 8 — *Hygrophila difformis* — 2;
- 9 — свободное пространство.

Рыбы представлены следующими видами:

- Brachydanio rerio* — 6;
- Rasbora heteromorpha* — 20;
- Barus pentazona* — 6;
- Labeo bicolor* — 1.

Схема расположения растений в декоративном аквариуме размером 80x50x40 см (вместимость 160 л) представлена на рис 36. Оборудование аквариума включает: осветитель мощностью 80 Вт (4 x 20 Вт); подогреватель (80 Вт) с терморегулятором, поддерживающий температуру 25—26° С; компрессор и внутренний донный фильтр.

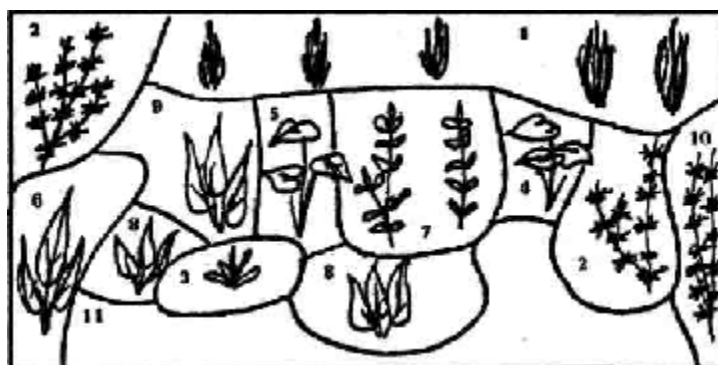


Рис. 36. Схема планировки аквариума объемом 160 л

Список используемых растений:

- 1 — *Vallisneria tortissima* — 10 кустов;
- 2 — *Limnophila aquatica* — 4;
- 3 — *Samolus valerandi* — 8;
- 4 — *Echinodorus horisontalis* — 1;
- 5 — *Ammonia senegalensis* — 12;
- 6 — *Lyzemahia sp.* — 9;
- 7 — *Nomaphila stricta* — 3;
- 8 — *Anubias barteri var. nana* — 3;
- 9 — *Cryptocoryne wendtii* — 12;
- 10 — *Heterantera zosteraefolia* — 5;
- 11 — свободное пространство.

В аквариум помещены следующие рыбы:

- Xiphophorus maculatus* — 8;
- Xiphophorus helleri* — 5;
- Poecilia velifera* — 5;
- Barbus tetrazona* — 5.

На рис. 37 представлена схема аквариума вместимостью 375л (150 x 150 x 50 см), снабженного осветителем с четырьмя люминесцентными лампами мощностью по 40 Вт каждая и двумя лампами накаливания по 25 Вт. Аквариум подогревается двумя обогревателями по 100 Вт, имеется терморегулятор. Аэрация и фильтрация осуществляется через два донных фильтра при помощи помпы, производительность которой 400 л/час. Схема посадки растений:

- 11 — *Aponogeton crispus* — 3 куста;
- 12 — *Peplis diandra* — 30;
- 13 — *Cabomba australis* — 8;
- 14 — *Alternanthera rosaefolia* — 12;
- 15 — *Cryptocoryne aponogetifolia* — 5;
- 16 — *Lobelia cardinalis* — 12;
- 17 — *Ludwigia repens* — 10;
- 18 — *Hygrophila polysperma* — 10;
- 19 — *Cryptocoryne wendtii* — 10;
- 10 — *Nymphaea «lotus»* — 1;
- 11 — *Myriophyllum hippuroides* — 5;
- 12 — *Cryptocoryne nevUli* — 15;
- 13 — *Echinodorus tenellus* — 20.

В аквариум помещены следующие рыбы:

- Hyphessobricon ornatus* — 10;
- Hemigrammus pulcher* — 10;
- Cherodon Axelrodi* — 80;
- Labeo bicolor* — 5.

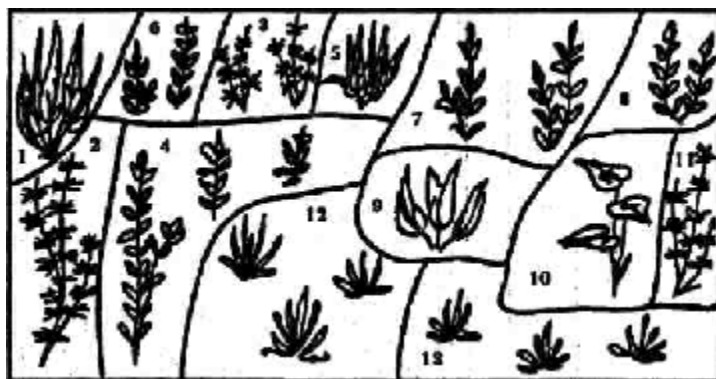


Рис. 37. Схема планировки аквариума объемом 375 л

Рыбы для декоративного аквариума

Название рыбы		Родина	Размер взрослой рыбки	Рекомендуемые параметры воды			Минимальный объем аквариума	Слой обитания	Тип рыбы	Требования к уходу
Латинское	Русское		см	Температура, °С	РН	°dGH	л	1)	2)	3)
1	2	3	4	5	6	У	б	9	10	11
ХАРАЦИНОВЫЕ										
<i>Gymnocorymbus temetzi</i>	Тернеция	Бразилия	6	22...27	6,0...7,8	3...12	60			н
Hypheosobricon										
—ornatus	Орнатус	р. Амазонка (нижняя)	4,5	23...26	6,0...7,5	3...10	60		ст	у
—minor	Минор	Западная Гвиана	4	23...26	6,0...7,5	3...10	60		ст	у
—flammeus	Тетра фон Рио	Бразилия	4,5	23...26	6,0...7,0	3...10	60		ст	н
—herbertaxelrodi	Черный неон	Бразилия	4	23...26	6,0...7,5	3...10	50		ст	у
Hemigrammus										
—ocellifer	Фонарик	бас. Амазонки	4	22...27	6,0...7,2	3...8	40		ст	у
—pulcher	Пульхер	бас. Амазонки	4	22...27	6,0...7,2	3...8	50		ст	у
—rhodostomus	Родостомус	р. Амазонка (нижняя)	4,5	22...27	6,0...7,2	3...8	60		ст	у
Paracheirodon										
—axelrodi	Красный неон	р. Риу-Негру	4,5	22...27	5,8...7,0	2...8	40		ст	у
—innesi	Неон	бас. Амазонки	4	22...27	6,0...7,2	3...10	40		ст	н
<i>Inpaichthys kerri</i>	Керри	бас. Амазонки	4,5	23...27	6,0...7,2	3...10	60	с	ст	у
<i>Moenkiausia pittieri</i>	Бриллиантовая тетра	Венесуэла	6	22...21	6,0...7,0	3...8	60	с	ст	у
<i>Thayeria obliqua</i>	Обликва	бас. Амазонки	7,5	22...21	6,0...7,2	3...10	60	с	ст	у
<i>Anostomus anostomus</i>	Обыкновенный аностом	р.Ориноко, бас. Амазонки	15	24...28	6,2-6,8	3...8	80	д	ст	у
<i>Chilodus punctatus</i>	Хилодус	Гайана	7	22...27	6,0...7,2	3...10	60	д	ст	у
Nannostomus										
—marginatus	Наностомус маргинатус	бас. Амазонки	3,5	23...26	6,2...7,0	3...8	40	в	ст	н
—beckfordi	бекфорда	Бразилия, Гайана	6	23...26	6,2...7,0	3...8	60	в	ст	у
<i>Nannobrycon eques</i>	Пециллобрикон	бас. Амазонки	5	22...27	6,0...7,2	3...10	60	в	ст	т
<i>Astynax fasciatus</i>	Простой астинакс	Аргентина, США, Мексика	10	22...28	6,0...7,5	3...15	60	с	ст	у
КАРПОВЫЕ										
Barbus										
—tetrasona	Барбус суматранский	о. Суматра, о. Калимантан	6	21...28	6,5...7,5	5...12	50	с	ст	н
—nigrofasciatus	Черный барбус	Шри Ланка	5	22...25	6,5...7,5	5...12	50	с	ст	у
—conchonus	Огненный барбус	Индия	6	22...28	6,5...7,5	5...12		с	ст	у
—titteya	Вишневый барбус	Шри Ланка	5	22...28	6,5...7,5	5...12		с	ст	у
—semifasciolatus	Зеленый барбус	Китай	7	22...28	6,5...7,5			с	ст	у
Brachidanio										
—rerio	Данио-рерио	Индия, Бирма	4	20...30	6,2...8,0	3...20	40	с, в	ст	н
—nigrofasciatus	Чернополосый данио	Бирма	4	21...28	6,2...7,5	3...12	40	с, в	ст	у
Labeo										
—bicolor	Двухцветный лабео	Таиланд	12	23...28	6,5...7,5	5...12	100	д, с	о	у
—frenatus	Зеленый лабео	Таиланд	8	23...28	6,5...7,5	5...12	100	д, с	о	у
<i>Rasbora heteromorpha</i>	Клинопятнистая расбора	Таиланд, Малайзия	4	22...27	6,0...7,5	2...12	40	с	ст	у
<i>Tanichthys albonubes</i>	Кардинал	Китай, Гонконг	4	21...28	6(2...7,5)	3...12	40	с	ст	н
СОМООБРАЗНЫЕ										
Coridoras										
—paleatus	Крапчатый сомик	Бразилия	6	20...27	5,8-7,5	2...12	40	д	о	н
—aeneus	Золотистый сомик	Венесуэла	6	22...27	5,8...7,2	2...12	40	д	о	н

<i>Ancistrus dolihopterus</i>	Анциструс	бас. Амазонки	12	21...27	5,7...7,5	2...12	80	д	0	н
<i>Dasylicaria</i>	Лорикария	бас. Амазонки	10	23...28	5,8...7,2	2...12	80	д	0	у
ЦИХЛИДЫ										
<i>Apistogramma</i> Апистограмма										
— <i>sacatuoides</i>	— какаду	Перу	8	24...29	6,5...7,2	3...12	80	с	п	у
— <i>agassizi</i>	— агассица	бас. Амазонки	9	24...29	6,5...7,2	3...12	80	с	п	у
<i>Pterophyllum scalar</i>	Скалярия	бас. Амазонки	12	26...29	6,2...7,5	3...12	100	с	п	у
<i>Papiliochromis ramirezi</i>	«Аписто грамма» рамирези	Венесуэла	6	24...29	6,5...7,2	3...12	60	с	п	н
<i>Pelmatochromis kribensis</i>	Попугай	З.Африка	8	24-29	6,5...7,2	3...12	60	д,с	п	у
<i>Symphysodon discus</i>	Дискус	р. Риу-Негро	20	28...30	5,8-6,8	2-8	150	с	п	т
ОКУНЕОБРАЗНЫЕ										
<i>Elassoma eveigla-dei</i>	Элассома	Юг США	3,5	20...24	6,8...7,8	6...15	30	д	п	у
<i>Chanda ranga</i>	Стекланный окунь	Ю.-В. Азия	3	21...28	6,6...7,5	5...15	50	с	ст	т
ЛАБИРИНТОВЫЕ										
<i>Betta splendens</i>	Петушок	Ю.-В.Азия	7	21...28	6,2...7,5	3...15	40	ц, с, в	о	н
<i>Colisa lalia</i>	Лялиус	Индия	5,5	24...28	6,4...7,2	3...10	40	с, в	п	у
<i>Macropodus opercularis</i>	Макропод	Вьетнам, Китай, Корея	10	22...28	6,2-7,2	3...10	40	с, в	п	н
<i>Trichogaster</i>										
— <i>leeri</i>	Жемчужный гурами	Ю.-В.Азия	12	24...28	6,2-7,2	3...10	100	с, в	п	н
— <i>trichopterus</i>	Пятнистый гурами	Ю.-В.Азия	12	22...28	6,2-7,2	3...10	80	с, в	п	н
КАРПОЗУБЫЕ										
<i>Notobranchius</i> Нотобранхиус										
— <i>rachovi</i>	— рахова	В.Африка	6	20...25	6,0-7,0	3...8	30	с, в	п	у
— <i>guentheri</i>	— понтера	В.Африка	6	20...25	6,0-7,0	3...8	30	с, в	п	у
<i>Aplocheilus lineatus</i>	Линеатус	Индия, Шри Ланка	10	22...25	6,2...7,2	3...8	50	с, в	п	у
ЖИВОРОДЯЩИЕ (ПЕЦИЛИЕВЫЕ)										
<i>Poecilia</i>										
— <i>reticulata</i>	Гуппи	Гайана, Венесуэла	6	20...28	7,0...8,5	3...10	30	д, с, в	п	н
— <i>velifera</i>	«Моллинезия» велифера	Мексика	12	25...28	7,5...8,5	10...30	100	с	п	т
— <i>lati pinna</i>	Широкоплавничная пецилия (моллинезия)	Мексика, США	10	20...28	7,5-8,5	10...30	80	с	п	т
<i>Xiphophorus</i>										
— <i>helleri</i>	Меченосец	Мексика, Гватемала	10	22...28	7,2...8,5	8...25	60	с	п	н
— <i>maculatus</i>	Пятнистая пецилия	Мексика, Гватемала	6	22...28	7,2...8,5	8...25	40	с	п	н
— <i>variatus</i>	Многоцветная лецилия	Мексика	6	22...28	7,2...8,5	8...28	40	с	п	н

Условные обозначения к таблице

- 1) Слой обитания: в — верхний; с — средний; д — донный.
- 2) Тип рыбы: о — одиночная; п — парная; ст — стайная.
- 3) Требования к уходу: н — неприхотливая; у — умеренно требовательная; т — требовательная.

Растения, рекомендуемые для декоративного аквариума

Название растения		Родина	Параметры воды, рекомендуемые по усредненным литературным данным ¹			Требовательность к освещению ⁵	Место посадки взрослых кустов ⁵	Способ посадки ⁴	Потребность в уходе ³
Латинское	Русское		Температура, °С	pH	dGH				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Acorus gramineus</i>	Акорус	Ю.-В.Азия	18...21	6,5...7,5	5...15	СЛ	П	V	У
<i>Alternanthera</i>	Альтернантера	Бразилия							
— <i>sp. splendida</i>	—сплендида		22...26	6,0...7,2	2...10	В	С	W	У
— <i>sp. lilacina</i>	—лиловая		22...26	6,0...7,2	2...10	В	с	W	У
— <i>sp. rosaefolia</i>	—розаефолия		22...26	6,0...7,2	2...10	В	с	W	У
<i>Anubias</i>	Анубиас	3. Африка							
— <i>barteri</i> var. <i>nana</i>	—нана		22...28	6,7...7,2	6...12	УМ	п	W	Н
— <i>heterofylla</i>	—гетерофилла		22...28	6,7...7,2	6...12	УМ	3	V	Н
<i>Aponogeton</i>	Апоногетон								
— <i>crispus</i>	—крипус	Шри Ланка	22...28	6,0...7,2	3...8	УМ	с,з	V	У
— <i>undulatus</i>	—ундулатус	Индия	22...28	6,0...7,2	3...8	УМ	3	V	У
— <i>sp. amaradas</i>	—камарадас	селект. форма	20...26	6,0...7,2	3...8	СЛ	3	V	Н
— <i>stachyosporus</i>	—стахиспорус	селект. форма	21...27	6,0...7,5	3...15	в	с	V	Н
<i>Bacopa caroliniana</i>	Бакопа	С.Америка	18...24	6,5...7,0	3...8	УМ	с	W	Н
<i>Barclaya longifolia</i>	Баркляя	Бирма	22...28	6,5...7,2	3...8	УМ	с	V	У
<i>Blyxa echinosperma</i>	Бликса	Ю.-В.Азия	22...28	6,5...7,2	3...8	в	с	V, W	Т
<i>Bolbitis heudelotii</i>	Болбитис	Тропическая Африка	22...28	6,6-7,0	3...6	сл	с	V	Н
<i>Cabomba</i>	Кабомба								
— <i>caroliniana</i>	—каролиниана	Ю.Америка	20...29	6,8...7,2	3...10	УМ	с	W	Н
— <i>tortifolia</i>	—тортифолия	Ю.Америка	20...29	6,8...7,2	4...8	сл	с	W	Т
<i>Crinum</i>	Кринум	Тропическая Африка							
— <i>natans</i>	—натанс		22...28	6,2...7,8	4...12	УМ	3	VТ	
— <i>calamistratum</i>	—каламистратум		24...28	6,2...7,8	4...12	УМ	с	V	Т
<i>Cryptocoryne</i>	Криптокорина								
— <i>affinis</i>	—аффинис	Малайзия	20...28	6,0...8,0	2...10	УМ	с	W	Н
— <i>aponogetifolia</i>	—апоногетифолия	Филиппины	22...28	6,0...7,0	2...8	сл	3	V, W	Т
— <i>balansae</i>	—балансая	Ю.-В.Азия	20...28	6,2...7,2	3...10	УМ	С, 3	V, W	Н
— <i>blasi</i>	—бласса	Таиланд	20...28	6,2...7,2	3...10	УМ	С, 3	V, W	Н
— <i>ciliata</i>	—цилиата	Ю.-В.Азия	20...28	6,2...7,0	3...8	УМ	3	V, W	Н
— <i>sp. glabra</i>	—глабра	Шри Ланка	22...28	6,7...7,2	6...12	ум	с	V	Н
— <i>lucens</i>	—люценс	Шри Ланка	22...28	6,2...7,2	3...10	УМ	п	W	У
— <i>nevillei</i>	—невкля	Шри Ланка	22...28	6,2...7,2	3...10	УМ	п	W	У
— <i>petchii</i>	—петхи	Шри Ланка	22...28	6,2...7,2	3...10	сл	п	W	У
— <i>pontederifolia</i>	—понтедерифолия	Суматра	20...28	6,0...7,0	2...12	УМ	С	V, W	Н
— <i>retrospiralis</i>	—ретроспиралис	Индия	20...28	6,2...7,2	3...10	УМ	3	V, W	У
— <i>spiralis</i>	—спиральная	Индия	22...28	6,0...7,0	3...8	УМ	п	W	Т
— <i>walkeri</i>	—валкери	Шри Ланка	22...28	6,2...7,2	3...10	В	п	W	УМ
— <i>wendtii</i>	—вендта (несколько вариаций)	Ю.-В.Азия	21...27	6,2...7,2	3...10	В	п, с	W	Н
— <i>willisii</i>	—виллиса	Шри Ланка	20...26	6,2...7,2	3...10	в	п	W	УМ
<i>Echinodorus</i>	Эхинодорус								
— <i>amazonicus</i>	—амазонский	Бразилия	23...27	6,8...7,8	5...12	УМ	с, з	V, W	Н
— <i>sp. admirabilis</i>	—адмирабилис	селект. форма	20...28	6,8...8	5...14	В	п, с	V, W	Н
— <i>argentinensis</i>	—аргентинский	Аргентина, Ю.	22...28	6,8...7,8	5...12	сл	3	V	Т

		Бразилия, Уругвай							
— aschersonia- nus	— ашерсона	Ю. Бразилия, Аргентина, Парагвай	21...28	6,8...7,6	5...10	в	с	V, W	т
— sp. aspersus	— асперсус	селект. форма	20...28	6,8...8,0	5...14	в	п, с	V, W	н
— sp. barthii	— бартхи		22...28	6,8...7,8	5...12	в	с. з	V	у
— berteroi	— бертерой	Тропич. Африка	23...28	7,0...7,6	6...10	в	з	V	т
— bleheri	— блехери	Ю. Америка	22...28	6,8...8,0	5...14	УМ	С. з	V	н
— sp. compactus	— компатус	селект. форма	20...28	6,8...8,0	5...14	в	С. з	V	н
— cordifolius	— кордифолиус	Мексика	21...27	6,8...7,6	5...12	УМ	С. з	V	у
— sp. floridas	— флоридский	селект. форма	20...28	6,8...7,8	5...12	УМ	з	V	н
— horemani	— хоремана	Бразилия	22...28	7,0...7,5	8...10	в	С. з	V	у
— horisontalis	— горизонталис	Бразилия	20...27	7,0...7,8	8...12	в	с	V	у
— isthmicus	— истмикус	Ц. Америка	20...27	6,8...8,0	6...12	УМ	п	W	н
— intermedius	— интермедиус	Бразилия	22...28	6,8...7,6	5...10	ов	С	V	т
— latifolius	— латифолиус	Тропич. Африка	21...27	6,8...8,0	6...12	УМ	п	W	н
— macrophyllus	— макрофиллус	Ю. Америка	22...27	6,8...7,2	6...10	УМ	з	V	т
— major	— майор	Ю. Америка	22...28	6,8...7,6	7...10	ов	з	V	у
— sp. macronatur	— макронатум	селект. форма	20...28	6,8...7,8	6...12	ов	п	V, W	у
— sp. marajoensis	— мараенсис	—	22...28	6,6...8,0	5...14	УМ	п, с	V, W	н
— sp. muricatus	— мурикатус	—	22...28	6,8...7,8	6...12	в	с. з	V	т
— oziris	— озирис	Бразилия	22...28	7,0...8,0	8...12	в	з	V	у
— palaefolius	— палаефолиус	Ю. Америка	20...28	6,8...7,6	7...10	сл	з	V	н
— parvifloms	— парвифлорус	Боливия, Перу	20...26	6,6...7,2	5...10	УМ	с	V	н
— portoalegrensis	— портоалегренсис	Бразилия	22...28	6,8...7,6	6...10	сл	с	V	у
— quadricostatus	— квадрикоштатус	Ц. Америка	20...28	6,8...8,0	6...12	в	п	W	н
— radicans	— радиканс	Ю. Америка	22...28	6,8...7,6	6...10	УМ	з	V	т
— scaber	— скабер	Бразилия	22...28	6,8...8,0	6...12	В	з	V	т
— schluetori	— шлютери	Селект. форма	22...28	6,8...7,8	5...12	В	п, с	V, W	н
— sp. sellovianus	— селловианус	Селект. форма	22...28	6,8...8,0	6...14	УМ	С. з	V	н
— tenellus	— тенеллус	Бразилия	20...28	6,8...8,0	6...12	В	п	W	н
— tunicatus	— туникатус	Бразилия	22...28	6,8...7,8	6...12	УМ	з	V	у
Eichomia	Эйхорния	Тропич. Америка							
— crassipes	— краSSIPес		20...26	6,0...8,0	3...18	ов	ПОВ	W	н
— divesifolia	— диверсифолия		20...25	6,2...7,5	3...12	В, УМ	С. з	W	у
Eleocharis ariculatus	Элеохарис	Америка, Азия, Европа	15...22	6,2...7,8	3...15	в	п	W	у
Elodea	Элодея								
— densa	— денса	Ю. Америка	18...26	6,5...8,0	3...18	в	з	W	н
— canadiens	— канадская	С. Америка	15...25	6,5...9,0	3...20	УМ	з	W	н
Hottonia inflata	Хотгония инфлата	Ю. Америка	18...24	6,6...7,2	5...10	в	с	W	т
Hydrocotyle	Гидрокотила								
— leucocephala	— лейкоцефала	Ю. Америка	23...28	6,8...7,5	6...12	в	С. з	W	н
— verticiflata	— вертицифлата	С. Америка	18...28	6,5...7,8	3...15	в	п	W	н
Hydrophila	Гидрофила								
— difformis	— дифформис	Индия	22...28	6,2...7,5	3...12	в	С. з	W	н
— polysperma	— полисперма	Ю.-В. Азия	22...28	6,0...8,2	3...18	в	С. з	W	н
Lagarosiphon	Лагаросифон								
— sp. madagas- cariensis	— мадагаскарский	—	24...28	6,6...7,4	5...12	в	С. з	W	н
— muscoides	— мускоидес	Африка	18...25	6,6...7,4	5...12	в	С. з	W	н
Lagenandra ovata	Лаженандра овата	Шри Ланка	24...27	6,5...7,2	4...10	УМ	с	W	т
Limnophila	Лимнофила								
— aquatica	— акватика	Ю.-В. Азия	20...30	6,8...7,5	5...10	в	с, з	W	у
— sessiliflora	— сесилифлора	Индия	18...25	6,8...7,5	5...12	В	С. з	W	м
Lobelia cardinalis	Лобелия	С. Америка	15...24	6,5...7,8	4...12	В	с	V, W	н
Ludwigia	Людвигия								
— arcuata	— аркуата	С. Америка	20...25	6,5...7,8	4...12	в	С	W	у
— palustris	— палюстрис	Европа	16...24	6,2...8,0	3...15	в	С. з	W	н
— repens	— репенс	С. Америка	20...28	6,2...8,0	3...15	в	С. з	W	у
Microsorium pteropus	Микрозориум	Ю.-В. Азия	22...28	6,0...7,0	2...6	ел	с	V	н

Myriophyllum	Мириофиллум								
— orasiliensis	— бразильский	Бразилия	18...25	6,2...7,5	3...10	в	С, 3	W	Н
— hippuroides	— хиппуroidес	С.Америка	20...25	6,2...7,5	3...10	в	С, 3	W	У
— matagrosens	— матагросенс		22...28	6,5...7,2	3...8	в	С, 3	W	Т
Najas microdon	Наяс		20...28	6,5...7,5	5...10	в	3 С	W	Н
Nomafyla stricta	Номафила	Ю.-В.Азия	22...28	6,4...7,5	4...10	в	3	W	Н
Nymphaea sp. lotus	Нимфея лотос		20...27	6,4...7,8	4...12	в	с	V	У
Ottelia alismoides	Оттелия	Азия, Австралия	22...28	6,5...7,2	2...5	в	3	V	Т
Peplis diandra	Пеплис	С.Америка	20...27	6,4...7,6	3...10	в	П, С	W	У
Potamogeton	Потамогетон								
— gaiy	— гайя	Ю.Америка	20...26	6,4...7,8	3...12	УМ	с	V, W	Н
— perbliatus	— перфблиатус		22...28	6,4...7,8	3...12	в	3	V, W	Н
Riccia flunans	Риччия	повсеместно	14...30	5,5...9,0	0...20	ов	пов	W	Н
Rotala	Ротала								
— macrandra	— макрандра	Индия	22...28	6,5...7,2	4...8	в	с	W	Т
— rotundifolia	— ротандифолия	Ю.-В.Азия	22...28	6,2...7,5	4...10	в	С, 3	W	У
Sagittaria subulata	Сагиттария субулата	С.Америка	15...26	6,0...8,0	3...18	УМ	п	W	Н
Samolus valerandi	Самолус	С.Америка	14...24	6,5...7,5	4...12	УМ	п	W	Н
Saururus cemuus	Заурурус	С.Америка	16...24	6,6...7,4	5...12	УМ	п, с	W	У
Trichocoronis rivularis	Трихокоронис ривуларис	Мексика	20...28	6,5...7,5	5...12	УМ	с	W	У
Vallisneria	Валлиснерия								
— spiralis	— спиральная	Азия, Европа	20...27	6,2...8,0	2...18	УМ	С, 3	W	Н
— gigantea	— гигантская	Филиппины	20...28	6,2...8,0	2...18	УМ	3	W	Н
— tortisima	— тортисима	Ю.-В. Азия	20...28	6,2...8,0	2...18	УМ	С, 3	W	Н

1) Авторы культивировали все перечисленные растения при рН 6.8...8,1 и dGH 8...15°

Условные обозначения к таблице:

2)Требовательность к освещению:

СА — слабое (0.2..Д4 Вт/л);
УМ — умеренное (0,3...0,6 Вт/л);
В — высокое (более 0,6 Вт/л);
ОВ — очень высокое (более 0,9 Вт/л).

3)Место посадки взрослых кустов:

П — передний план;
З — задний план;
ПОВ — плавающие на поверхности воды;
С — средний план.

4)Способ посадки:

V — одиночными кустами;
W — группами.

5)Потребность в уходе:

Н — неприхотливое;
У — умеренно требовательное;
Т — требовательное к условиям содержания.

**ХОМЧЕНКО Иван Гавриилович,
ТРИФОНОВ Андрей Викторович,
РАЗУВАЕВ Борис Николаевич
СОВРЕМЕННЫЙ АКВАРИУМ И ХИМИЯ**

Дизайн обложки А. Пожарского

Технический редактор И, Яшкова

Компьютерный набор и верстка Н. Ивановой

Изд. лицензия № 064607 от 03.06.96.

Подписано в печать 10.06.97. Формат 84 x 108/32.

Бумага типографская. Гарнитура Балтика. Печать высокая.

Усл. печ. л. 10,08. Уч.—изд. л. 10,47. Тираж 5000 экз.

Изд. № 060. Заказ №874

ООО «Издательство Новая Волна» тел. (095) 208-3892, факс (095) 207-0411

Отпечатано с готовых диапозитивов во Владимирской книжной

типографии Комитета Российской Федерации по печати

600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, 7

ISBN 5-7864-0035-2



9 785786 400350

