

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Водные биоресурсы и марикультура»

Мальцев В.И.

## **ГИДРОБИОЛОГИЯ**

Конспект лекций  
для студентов направления подготовки  
35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура» очной и заочной форм  
обучения

Керчь, 2018 г.

УДК 626.88

Составители:

Миланов В.И., канд. биол. наук, доцент кафедры «Воздушные биоресурсы и марикультуры» ФГБОУ ВО «КГМУ»



Рецензент: Кулиш А.В., канд. биол. наук, доцент кафедры «Воздушные биоресурсы и марикультуры» ФГБОУ ВО «КГМУ»



Конспект лекций рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Воздушные биоресурсы и марикультуры» ФГБОУ ВО «КГМУ».

протокол № 6 от 29.09.2018 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Н. Кулиш



Конспект лекций утвержден и рекомендован к публикации на заседании методической комиссии 1Ф ФГБОУ ВО «КГМУ».

протокол № 1 от 03.09.2018 г.

© ФГБОУ ВО «КГМУ», 2018 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВЕДЕНИЕ	4
1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ГИДРОБИОНТОВ	4
1.1 ПРЕДМЕТ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГИДРОБИОЛОГИИ	4
1.1.1 Практические задачи гидробиологии	5
1.2. МЕТОДЫ ГИДРОБИОЛОГИИ	5
1.2.1 Научные экспедиционные суда	5
1.3 ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ГИДРОБИОЛОГИИ	10
1.3.1 История гидробиологии в личностях	11
1.4 ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ГИДРОБИОЛОГИИ	15
1.5 ВОДНАЯ СРЕДА И ЕЕ ВАЖНЕЙШИЕ ФАКТОРЫ	17
1.5.1 Физико-химические свойства воды	17
1.5.2 Оптические свойства воды	19
1.5.3 Кислородный режим	20
1.6 ВОДНО-СОЛЕВОЙ ОБМЕН У ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ	22
1.6.1 Механизмы осморегуляции	22
1.6.2 Пресноводная осморегуляция	23
1.6.3 Осморегуляция в море	23
1.6.4 Осморегуляция и жизненный цикл	24
1.7 ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ГИДРОБИОНТОВ	27
2 ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГИДРОБИОНТОВ	29
2.1 ПРОДУКЦИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ. ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДОЁМОВ	29
2.1.1 Продукция в водных экосистемах	29
2.1.2 Первичная продукция	29
2.1.3 Эвтрофирование (эвтрофикация) водоёмов	31
2.1.4 Вторичная продукция	31
2.1.5 Сравнительная продуктивность наземных и морских экосистем	34
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЁМОВ РАЗНЫХ ТИПОВ	37
3.1 ОКЕАНЫ	37
3.1.1 ВЕРТИКАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МИРОВОГО ОКЕАНА	37
3.1.2 ШИРОТНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МИРОВОГО ОКЕАНА	38
3.1.3 ФИТОПЛАНКТОН	39
3.1.4 ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА	39
3.1.5 ЗООПЛАНКТОН	41
3.1.6 БЕНТОС	43
3.2 МОРЯ	44
3.2.1 Внутренние (средиземные) моря	44
3.2.2. Окраинные моря	46
3.2.3. Межостровные моря	47
3.2.4 Классификация морей по температуре и солёности поверхностных вод	48
3.2.5. Береговая линия	49
3.3 ОЗЁРА	53
3.3.1 Классификация озёр	53
3.3.2 Использование озёр	56
3.4 РЕКИ	57
3.4.1 Русло и русловые процессы	58
3.4.2 Искусственные водоёмы на водотоках. Водохранилища	59
3.5 БОЛОТА	62
Список рекомендованной литературы.	64

## ВВЕДЕНИЕ

По определению академика **С.А. Зернова**, **гидробиология** – наука, изучающая причинную связь и взаимоотношения между водными организмами и окружающей их средой, как живой, так и мертвой (Зернов, 1934).

Как наука экологическая, **гидробиология** изучает взаимодействие обитателей вод – *гидробионтов*, их популяций и сообществ – *биоценозов* друг с другом и неживой природой (А.С. Константинов, 1986)

**Гидробиология** – это наука о специфически структурированном живом веществе гидросферы (А.А. Протасов)

Не претендуя на истину в последней инстанции, мы будем придерживаться идеи, что **гидробиология** – это раздел экологии, касающийся водных экосистем и их составляющих (элементов).

Гидробиология тесно связана, прежде всего, с науками о гидросфере – гидрохимией, гидрофизикой, гидрологией.

Гидрохимия – часть геохимии, изучающая химический состав естественных вод и протекающие в них химические реакции.

Гидрофизика – часть геофизики, исследующая физические свойства природных вод и протекающие в них физические процессы.

Гидрология – часть географии, изучающая природные воды, закономерности круговорота воды в природе.

Гидробиология включает следующие подразделы:



**Океанология** – наука о Мировом океане (т.е. совокупности океанов и морей земного шара) и процессах, протекающих в нём.

**Лимнология** (или озероведение) изучает структуру и функционирование экологических систем поверхностных пресных вод суши (озер, водохранилищ, рек - от греч. «лимнос» – озеро).

Гидробиология связана и с рядом биологических дисциплин – зоологией, ботаникой, микробиологией.

## 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ГИДРОБИОНТОВ

### 1.1. ПРЕДМЕТ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГИДРОБИОЛОГИИ

Предметом исследований гидробиологии являются экологические процессы в водной среде, т. е. процессы взаимодействия гидробионтов, их популяций и сообществ между собой и с абиотическими компонентами водных экосистем.

**Цель гидробиологии** может быть определена как понимание экологических процессов, происходящих в водной среде, а также управление этими процессами с целью оптимизации использования водных ресурсов и биоресурсов.

Основной **задачей** гидробиологии является изучение экологических процессов в гидросфере и применение полученных знаний в интересах освоения гидросферы и оптимизации взаимодействия человеческого общества с водными экосистемами.

Главная **теоретическая задача** гидробиологии – изучение общих внутренних закономерностей структурно-функциональной организации водных экосистем, которые и определяют круговорот вещества и поток энергии в них, а также исследование зависимостей круговоротов вещества и потоков энергии от факторов внешней среды, в том числе и антропогенных.

### **1.1.1. Практические задачи гидробиологии**

1. Повышение биологической продуктивности водоемов для получения из их наибольшего количества биологического сырья.
2. Разработка биологических основ обеспечения людей чистой водой, в том числе – оптимизация функционирования экосистем, создаваемых для промышленной очистки питьевых и сточных вод.
3. Экспертная оценка экологических последствий зарегулирования, перераспределения и переброски стока рек, антропогенного изменения гидрологического режима озер и морей.
4. Оценка влияния вновь создаваемых промышленных, сельскохозяйственных и других предприятий на водные экосистемы с целью охраны последних от недопустимых повреждений.
5. Мониторинг состояния водных экосистем.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Раскройте суть гидробиологии как науки.
2. Раскройте связь гидробиологии с другими науками.
3. Каковы цели и задачи (теоретические и практические) гидробиологии.

## **1.2. МЕТОДЫ ГИДРОБИОЛОГИИ**

Главным **методом** гидробиологии, как и остальных экологических дисциплин, является системный подход, т.е. рассмотрение экосистемы как целого, и количественный учет протекающих в ней потоков энергии, вещества и информации. Следовательно, гидробиология всегда оперирует величинами численности организмов, их биомассы и продукции.

Для количественного учета используют различные орудия и приборы (рис. 1-9) как специфически гидробиологические – планктонные сети, дночерпатели, драги, батометры различных конструкций, так и многие приборы, заимствованные из арсеналов гидрохимии, гидрофизики, гидрологии. В последнее время часто используются погружные и дистанционные биофизические приборы.

### **1.2.1. Научные экспедиционные суда**

Научная экспедиция на парусно-паровом корвете «Челленджер» (рис. 10) длилась с 1872 по 1876 годы и принесла множество открытий. В 1872 году для научных целей

судно оснастили биологическими и химическими лабораториями, лебёдками, средствами для измерения глубин, взятия проб грунта и воды, определения температуры воды. Протяженность рейса около 70 тыс. морских миль. Было описано свыше 4000 новых видов, выполнено 492 промера глубины, 362 измерения температуры воды, взято 133 пробы грунта и произведено 151 траление

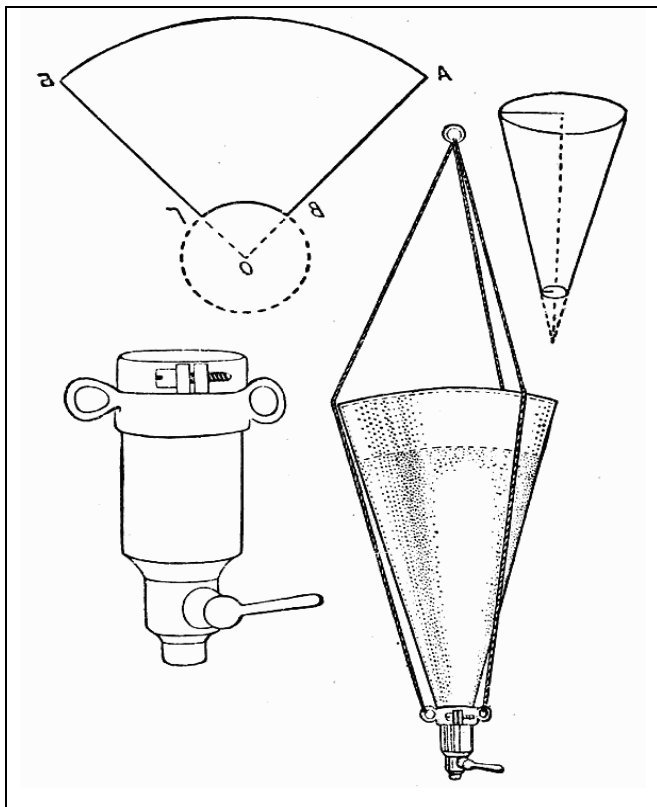


Рис. 1. Планктонная сеть – мелкочаеистая сеть из шелка или искусственного волокна для вылова планктона: Впервые была применена Дж. Томпсоном (1830) и И. Мюллером (1845).



Рис. 2. Малая сеть Апштейна (длина образующей конуса 55 см, диаметр входного отверстия 25 см, диаметр стаканчика 3,5-4 см) и возможная конструкция стаканчика к ней (а — стаканчик из банки с крышкой, б — металлический стаканчик с краном)

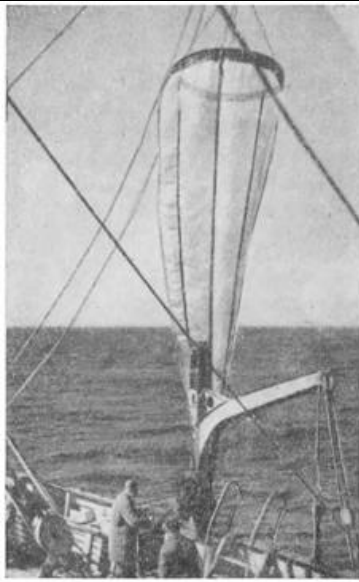


Рис. 3. Большая планктонная сеть



Рис. 4. Сеть Джели

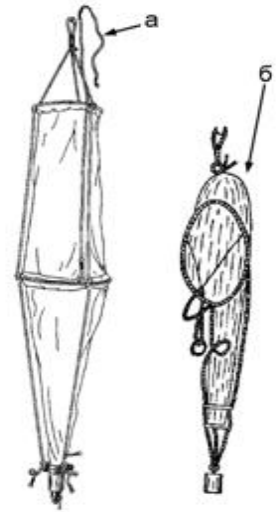


Рис. 5. Количественная планктонная сеть с замыкающим тросом (а – замыкающий трос; б – подъем сети за замыкающий трос)

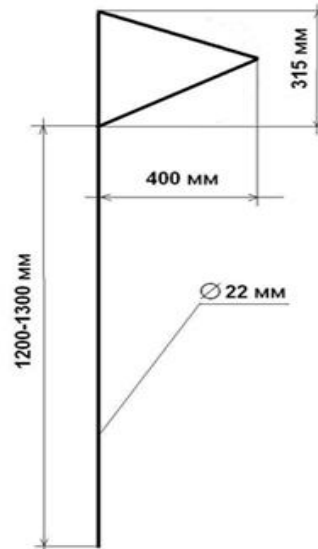


Рис. 6. Сачок гидробиологический

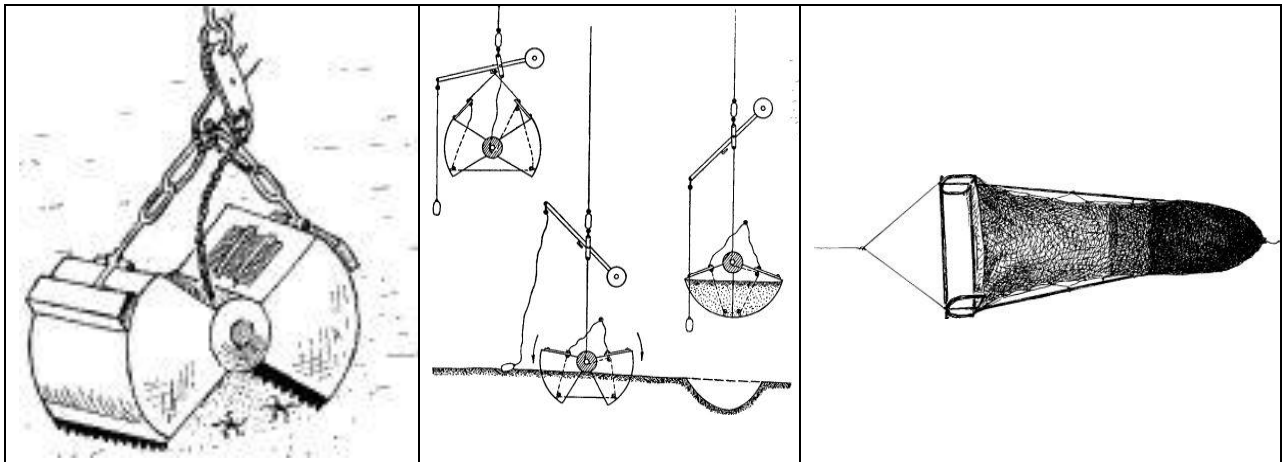


Рис. 7. Дночерпатель – гидробиологический прибор для взятия проб бентоса. Изобретен К. Г. Петерсоном (1915)

Рис. 8. Дночерпатель «Океан-50»

Рис. 9. Трал Сигсби

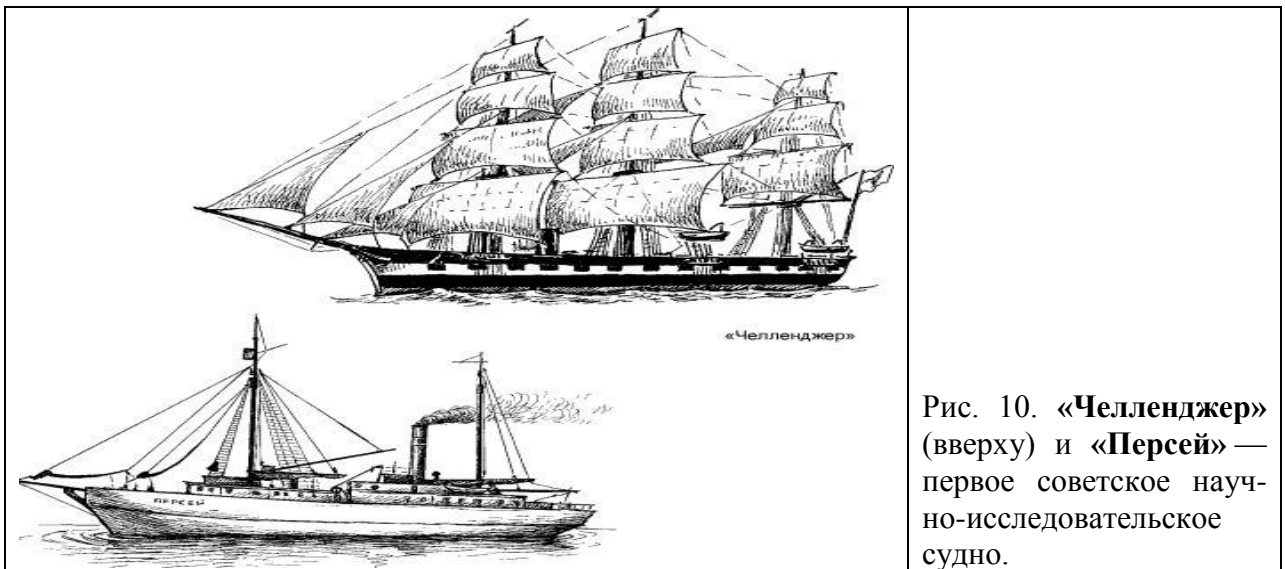


Рис. 10. «Челленджер» (вверху) и «Персей» — первое советское научно-исследовательское судно.

С 1949 года в течение 18 лет флагманом экспедиционного флота СССР было НИС «Витязь» (рис. 11). Между 1949 и 1979 гг. «Витязь» совершил под вымпелом Академии наук 65 рейсов в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах, пройдя в общей сложности 800 тысяч морских миль и выполнив 7943 научные станции.





Рис. 11. Научно-исследовательское судно «Витязь»

Флагманом научного флота на Черном море является научно-исследовательское судно «Профессор Водяницкий» (рис. 12), принадлежащее Институту морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского



Рис. 12. НИС «Профессор Водяницкий»

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Методы изучения планктона
2. Методы изучения бентоса
3. Значение научно-исследовательских судов для изучения океанов и морей.

### **1.3. ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ГИДРОБИОЛОГИИ**

#### **I этап – формирование подходов и методов и постановка целей и задач – 20-е годы XIX века – 90-е годы XIX века**

- 1826 – А. Декандоль сделал первое научное описание цветения воды  
1828 – Дж Томсон проводил отлов гидробионтов мешком из редкой ткани (прототип планктонной сети)  
1843 – Создание морской биологической станции в Остенде (Бельгия)  
1843-1845 – И. Мюллер изучал личиночные стадии иглокожих и ввёл термин «пелагическое население»  
1858 – Зоологические гидробиологические обследования берегов Черного моря К.Ф. Кесслером  
1858 – Зоологические гидробиологические обследования берегов Черного моря К.Ф. Кесслером  
1859 – Создание морской биологической станции в Конкарно (Франция)  
1871 – Создание Севастопольской биологической станции  
1872 – 1876 – Научная экспедиция на судне «Челленджер»  
1890 – Труд Э. Геккеля «Исследование планктона» (термины «планктология», «бентос», «нектон» и др.)

#### **II этап – проведение массовых гидробиологических исследований, уделяя особое влияние ресурсным исследованиям – 90-е годы XIX века – середина XX века**

- 1902 – Организация Международной комиссии по изучению морей (Копенгаген)  
1908 – Создание лимнологической станции в Косине (Подмосковье)  
1909 – С.А. Зернов открыл «Филлофорное поле»  
1913 – А. Тинеман начал работы по типизации озёр  
1913 – С.А. Зернов описал типы черноморских биоценозов  
1914 – Создание Карадагской научной станции  
1914 – Создание Глубокоозёрской научной станции  
1915 – Создание Звенигородской биостанции  
1914-1924 – Создание кафедр гидробиологии в МСХИ и МГУ  
1930 - Начало работы Вудс-Холльского океанографического института  
1933 – Создание ВНИРО

#### **III этап – приоритетное развитие продукционно-энергетического направления в гидробиологии, математического моделирования функциональных процессов в экосистемах, ресурсного и природоохранного направлений — с середины XX века**

- 1955 – Вышла монография В.С.Ивлева «Экспериментальная экология питания рыб»  
1960 – Вышла основополагающая монография Г.Г. Винберга «Первичная продукция водоемов»  
1964-1974 – Международная биологическая программа (МБП)  
1978 – Создание Дальневосточного морского биосферного государственного природного заповедника в заливе Петра Великого Японского моря (объект морского природного наследия).  
1979 – Создание Карадагского государственного заповедника АН УССР (включает прибрежную акваторию у горного массива Карадаг)  
2008 – Учреждение ботанического заказника общегосударственного значения «Филлофорное поле Зернова» (расположен на северо-западном шельфе в акватории Чёрного моря).

### 1.3.1. История гидробиологии в личностях

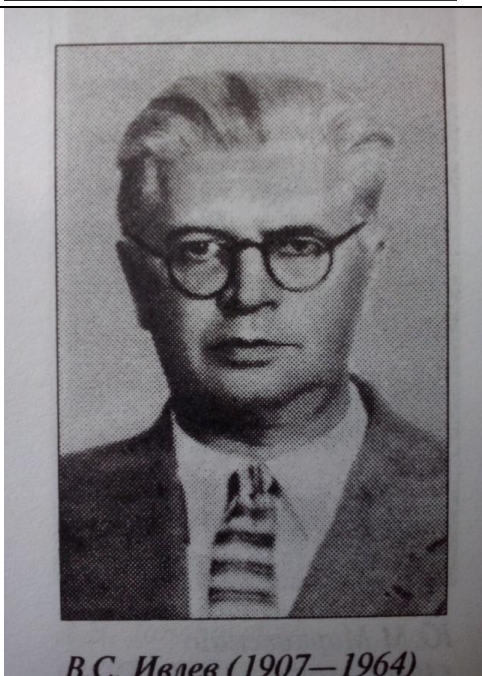
	<p><b>ГЕ́ККЕЛЬ</b> (Haeckel) Эрнст (1834–1919) Немецкий биолог, сторонник и пропагандист учения Ч. Дарвина. <b>Впервые ввёл термин «экология».</b></p> <p>Предложил первое "родословное древо" животного мира, теорию происхождения многоклеточных.</p> <p>Биогенетический закон, сформулированный Мюллером в 1864 году, затем переформулировал Геккель в 1866 году в таком виде: <i>«Онтогенез есть рекапитуляция филогенеза»</i>. Согласно этому закону индивидуальное развитие особи является как бы кратким повторением этапов эволюции той систематической группы, к которой относится эта особь.</p>
	<p><b>МЁБИУС</b> (Mebius) Карл Август (1825-1908)</p> <p>Немецкий зоолог, гидробиолог, один из основоположников экологии животных. Исследовал морскую фауну Северного и Балтийского морей, Индийского океана.</p> <p>Изучал комплексы донных животных, образующие так называемые устричные банки, условия существования устриц и их биологические связи с другими организмами. Открыл явление <b>симбиоза</b> у морских животных.</p> <p>Предложил термин <b>«биоценоз»</b> (1877).</p>



### **Винберг Георгий Георгиевич (1905–1987)**

Обосновал концепцию биотического баланса экосистем, который может быть представлен как баланс потоков энергии между всеми трофическими уровнями.

Разработал теоретические подходы к изучению продукции различных экологических групп, трофических уровней водной экосистемы в целом, предложил методы её измерений и расчетов.



*В.С. Ивлев (1907–1964)*

### **Ивлев Виктор Сергеевич (1905–1987)**

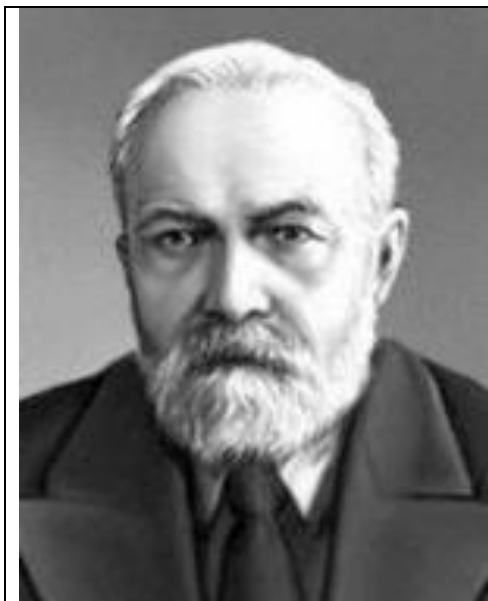
В.С. Ивлев разработал авторскую формулу (уравнение) взаимоотношения хищных рыб и их жертв. Согласно этому уравнению, индивидуальный рацион хищника при увеличении плотности популяции жертвы первоначально также увеличивается, а затем стабилизируется на примерно постоянном уровне («выходит на плато»).

На оригинальных экспериментальных данных рассмотрел целый ряд вопросов теории экологии питания рыб. Исследовал зависимость интенсивности питания рыб от количества и распределения пищи, избирательность рыб к одной и той же пище в различных условиях, вопросы трофической конкуренции рыб, последствия для них полного или частичного голодания.

В частности, В.С. Ивлевым было предложено биоценотическое правило: «...во всех случаях гетероконкуренция оказывается более напряженной, чем гомоконкуренция. То есть, мы можем принять, что межвидовые отношения интенсивнее внутривидовых».

В.С. Ивлев, занимаясь ихтиологией, сделал несколько открытий, которые могут быть распространены на всю экологию в целом. Например, изучая вопросы избирательности в питании рыб, он разработал **индекс элективности питания**. Этот индекс показывает, насколько чаще или реже какой-либо вид пищи встречается в рационе рыб, чем среди всех доступных пищевых объектов в населенном рыбами биотопе. Таким образом, можно не только определить излюбленную и вынужденную пищу, но и математически рассчитать интенсивность избирательности.

Этот индекс впоследствии стали применять и в орнитологии, причем не только для изучения элективности в питании птиц, но и в отношении выбора места для гнезда, способа его закрепления, маскировки, и т.д.



### Зернов Сергей Алексеевич (1871-1945)

Он одним из первых опубликовал работы по планктону (1892, 1900, 1901). Многолетние исследования С.А. Зернова увенчались выходом в свет в 1913 году классической научной работы «К вопросу об изучении жизни Чёрного моря». В ней он впервые описал **основные типы биоценозов Чёрного моря** (рис. 13), указав их животный и растительный состав, и вывел закономерности их распределения в акватории моря, а также связи с факторами среды.

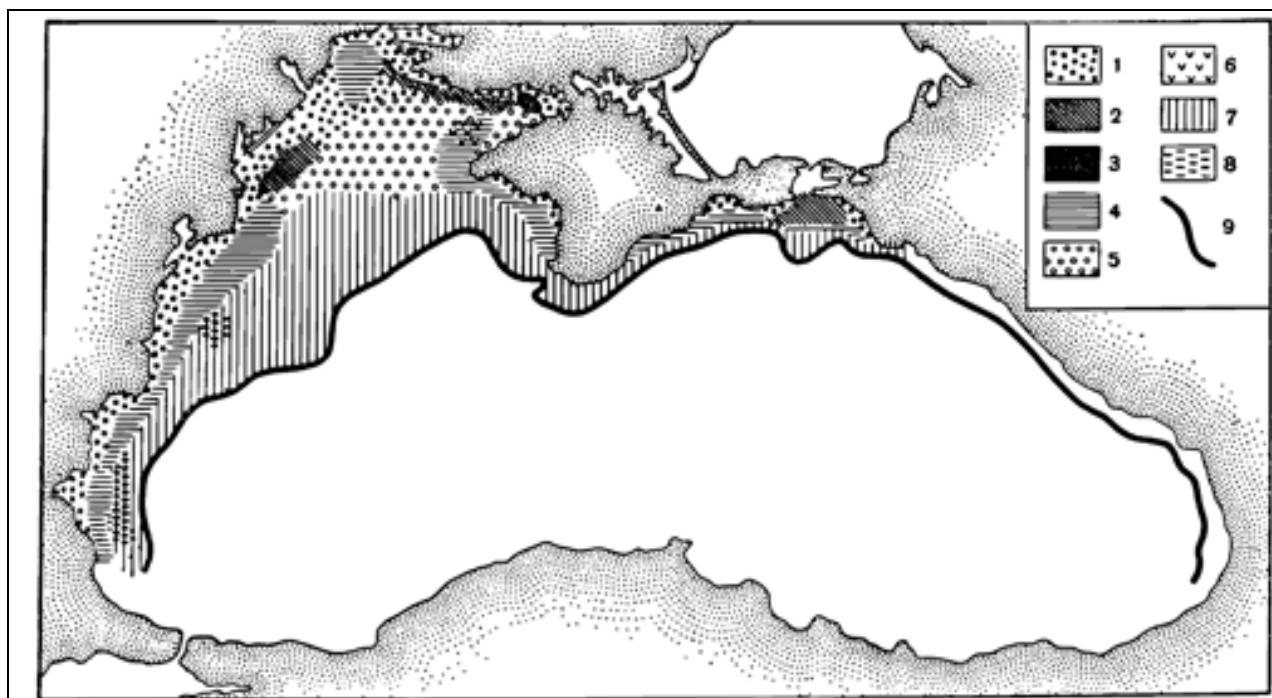
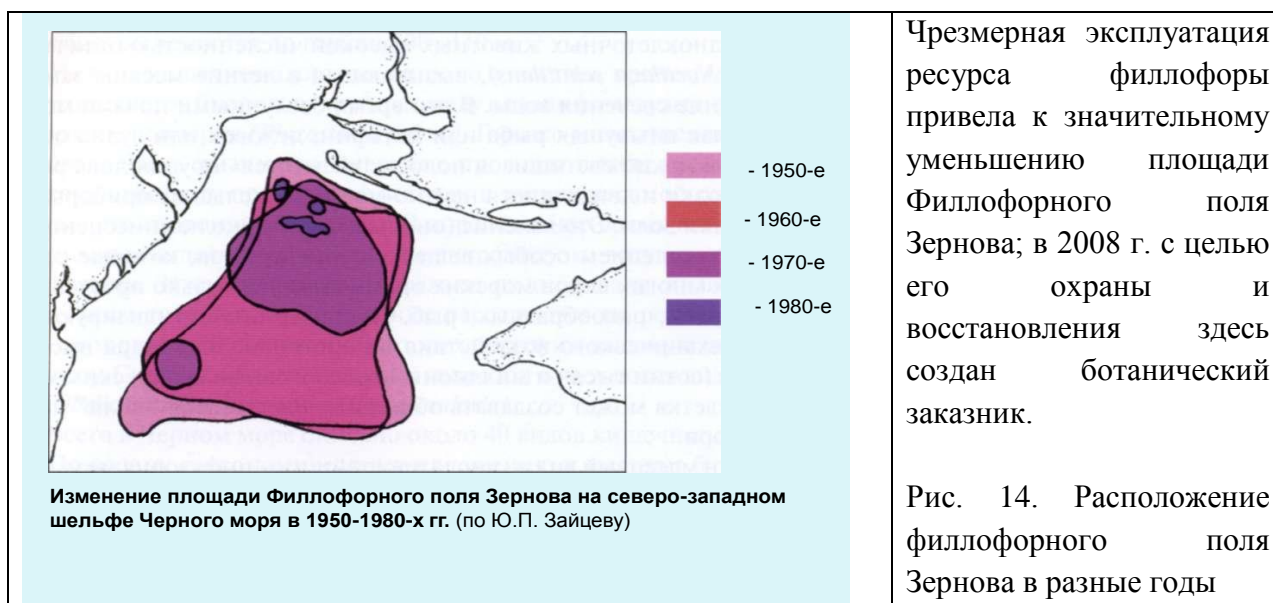


Рис. 13. Распределение донных биоценозов Чёрного моря (по С.А. Зернову):  
 1 — биоценоз прибрежного песка и ила; 2 — биоценоз россыпей ракушки; 3 — заросли зостеры; 4 — мидиевый ил; 5 — филлофора; 6 — наносы мёртвой зостеры; 7 — фазеолиновый ил; 8 — тереллиидный ил; 9 — нижняя граница жизни

С.А. Зернову принадлежит честь открытия (1908) в северо-западной части Чёрного моря, к западу от Крыма, колоссального скопления красной водоросли филлофоры площадью более 10 000 км<sup>2</sup> (почти половина площади Крыма). В честь первооткрывателя эти заросли



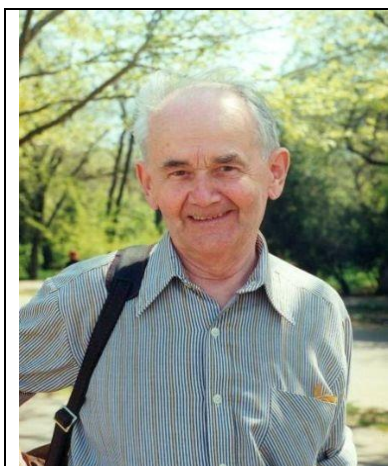
названы «филлофорное поле Зернова» (рис. 14). Это открытие дало возможность организовать промышленную добычу йода и агар-агара.



В 1914 году С.А. Зернов организовал первую кафедру гидробиологии в Московском сельскохозяйственном институте (на рыбохозяйственном факультете), а в 1924 году — такую же кафедру в Московском университете.

	<p><b>Никольский Георгий Васильевич (1910–1977)</b></p> <p>Разработал концепцию "фаунистического комплекса", под которым понимается: «Группа видов, связанная общностью своего географического происхождения, т. е. развитием в одной географической зоне..., к условиям которой виды, слагающие комплекс, и приспособлены».</p> <p>Исследовал широтные закономерности изменчивости плодовитости и числа генераций у рыб.</p>
---	---

Г.В. Никольским выявлены закономерности формирования фаунистических комплексов рыб и разработана методика биологического анализа в зоогеографии, а также показана специфика комплексов различного происхождения, изучены закономерности, которым подчиняются отношения между видами в разных комплексах.



### **Зайцев Ювеналий Петрович**

Основные труды посвящены вопросам гидробиологии и ихтиологии, в частности изучению биологии контурных областей Черного моря (на его границах с атмосферой, сушей и реками) с позиций охраны и воспроизводства живых ресурсов моря.

Доказал существование **нейстонного** комплекса организмов и показал важное значение его в жизни водоема и в круговороте веществ в природе.

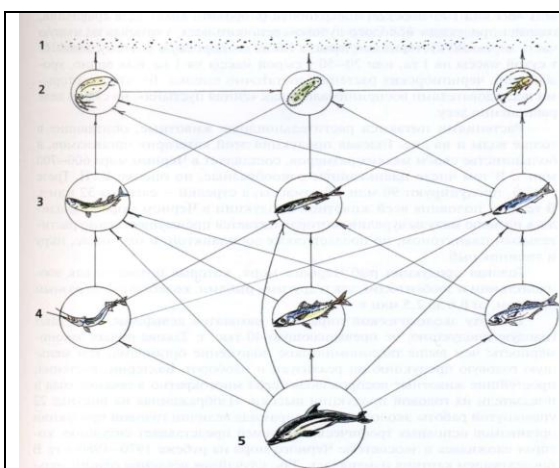


Рис. 15. Схема трофической сети в пелагиали Черного моря

### **Трофическая сеть в пелагиали Черного моря (по Ю.П. Зайцеву, рис. 15)**

Первое звено образует фитопланктон (1), продуцирующий органические вещества из минеральных. Фитопланктоном питаются растительноядные организмы зоопланктона (2): инфузории и другие простейшие, ракообразные, личинки донных беспозвоночных. Они составляют трофический уровень первичных консументов. Зоопланктоном питаются планктоноядные рыбы: хамса, шпрот, молодь других видов (3).

Это — вторичные консументы в морской пелагиали. Мелкие планктоноядные пелагические рыбы поедаются хищными рыбами (4), такими как сарган, луфарь, ставрида, скумбрия, образующими трофический уровень третичных консументов. Третичными и вторичными консументами питаются дельфины (5).

## **1.4. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ГИДРОБИОЛОГИИ**

**Общая гидробиология изучает экологические процессы в водоемах и водотоках.**

В ней выделяются:

- гидробиология водных биосистем (организмов, популяций, экосистем (бентология, планктология));
- продукционная гидробиология, изучающая биологические основы продуктивности водоемов;
- трофологическая гидробиология — изучает пищевые связи, биологическую трансформацию веществ;
- энергетическая гидробиология — изучает потоки энергии, ее биологическую трансформацию;
- этологическая гидробиология — изучает поведение гидробионтов;
- палеогидробиология — исторические изменения водных экосистем.

**Частная гидробиология** изучает специфику экологии водных объектов разного типа.

Выделяют гидробиологию морей, озер, прудов, болот, временных и пересыхающих водоемов и др. То же происходит и для водотоков: гидробиология рек различных типов, ручьев. Кроме того, существует гидробиология подземных и пещерных вод, гидробиология полярных и тропических водоемов, водоемов умеренного пояса и субтропических.

**Прикладная гидробиология занимается прикладными приложениями результатов общей или теоретической гидробиологии.**

В нее входят:

**Продукционная гидробиология**, изучающая биологические основы продуктивности водоемов (например, повышения вылова рыбы, урожая морепродуктов и т.п.).

Санитарная гидробиология, занимающаяся решением проблем чистой воды, самоочищения водоемов.

**Медицинская гидробиология**, исследующая происхождение и распространение болезней, связанных с водой (в первую очередь, – инфекционных). Ее подразделом является гидропаразитология, разрабатывающая методы борьбы с паразитическими животными, обитающими в водоемах, в том числе личиночными стадиями паразитов.

Токсикологическая гидробиология или **водная токсикология**, изучающая возможность вреда продуктов техногенеза для водных объектов, в частности, влияние токсикантов на гидробионтов и экосистемные процессы.

**Радиологическая гидробиология**, решает вопросы, связанные с поступлением в водоемы радионуклидов, влиянием их на гидробионтов, накоплением их в трофических цепях.

**Техническая гидробиология**, изучающая биологические явления, представляющие опасность для техники, контактирующей с водой (биокоррозия, обрастания и т.п.). Частным случаем ее можно считать навигационную гидробиологию, которая исследует водные биологические процессы, препятствующие судоходству.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Назовите основные этапы становления гидробиологии как науки;
2. Назовите разделы гидробиологической науки;
3. Раскройте вклад отечественных учёных в развитие гидробиологии;
4. Назовите основные достижения гидробиологов в изучении Чёрного моря.



## 1.5. ВОДНАЯ СРЕДА И ЕЕ ВАЖНЕЙШИЕ ФАКТОРЫ

Подавляющая часть воды на Земле сосредоточена в Мировом Океане. Средняя глубина мирового океана составляет 3,96 км. Если гипотетически распределить всю воду планеты на поверхности шара с площадью равной земной, то мы получим слой воды мощностью 2,6 км.

Вода имеет большую или меньшую минерализацию: выше 5 ‰ – рассол, от 0,1 до 5 ‰ – минеральная, меньше – пресная. Количество солей, выраженное в граммах на 1 кг воды (или ‰), означает, какая вода: 0,01-0,5 г, или 0,5 ‰ – пресная, 0,5-16 ‰ – солоноватая, 16-47 ‰ – соленая, более 47 ‰ – сверхсоленая.

В каждом кубическом километре морской воды растворено 36 миллионов тонн твердых веществ. Средний химический состав растворенных в морской воде веществ: Cl – 55,07%, Na – 30,62 %, Mg – 3,68 %, S – 2,73 %, Ca – 1,18 %, K – 1,10 %, Br – 0,19 %, C – 0,08 %, Sr – 0,02 %, B – 0,01 %.

75 % пресных вод на Земле находится в виде льда, значительную ее часть составляют подземные воды, и лишь 1 % доступен для живых организмов.

### 1.5.1 Физико-химические свойства воды

**Плотность морской воды** составляет  $1026 \text{ кг/м}^3$  (плотность воздуха –  $1,2 \text{ кг/м}^3$ )

При повышении температуры воды плотность ее изменяется от  $0,999 \text{ г/см}^3$  при  $t = 0^\circ\text{C}$  до  $1,0$  при  $4^\circ\text{C}$  и до  $0,995$  при  $30^\circ\text{C}$ , а от плотности воды в свою очередь зависит температура её замерзания (рис. 16).

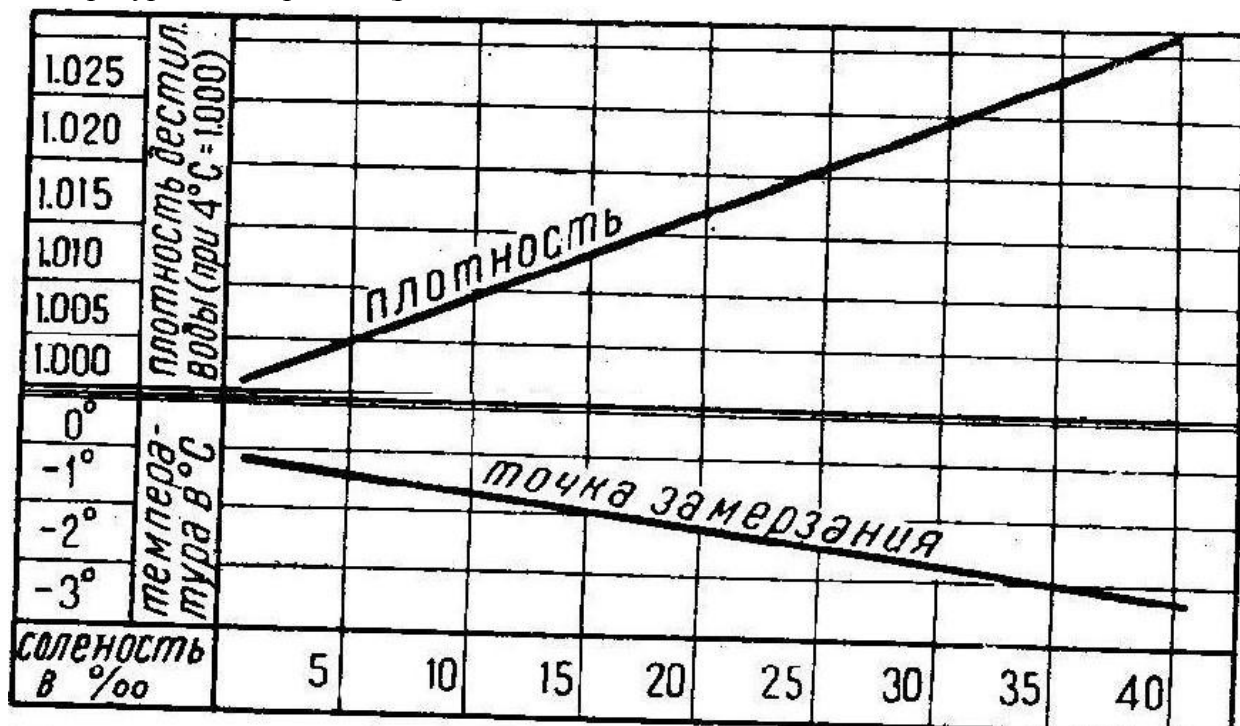
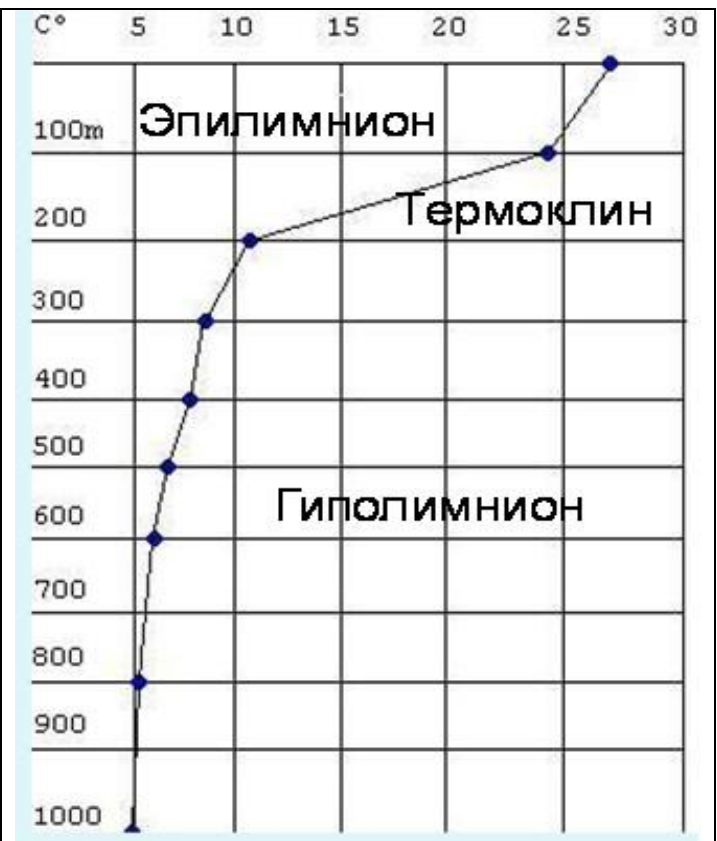


Рис. 16. Плотность и точка замерзания морской воды при солёности от 0 до 40 ‰

**Термоклин, или слой температурного скачка** – слой воды, в котором градиент температуры резко отличается от градиентов выше- и нижележащих слоев (рис. 17). Возникает при наличии неперемешивающихся слоев воды с разной температурой. Может иметь мощность от нескольких метров до десятков метров.

Рис. 17. Пример изменения температуры воды с глубиной



При температуре 4 °С вода обладает наибольшей плотностью, и, когда температура верхних слоев воды достигает этой температуры, плотные слои опускаются на дно. В начале зимы поверхность воды начинает охлаждаться, и температура 4 °С распространяется от дна по направлению к поверхности, распространяясь на все большие слои воды. После того как вода в озере примет температуру 4 °С, последующее охлаждение верхней массы воды приводит к появлению менее плотных, но более холодных слоев. После того как поверхность воды охлаждается до 0 °С, начинает формироваться слой льда (рис. 18).

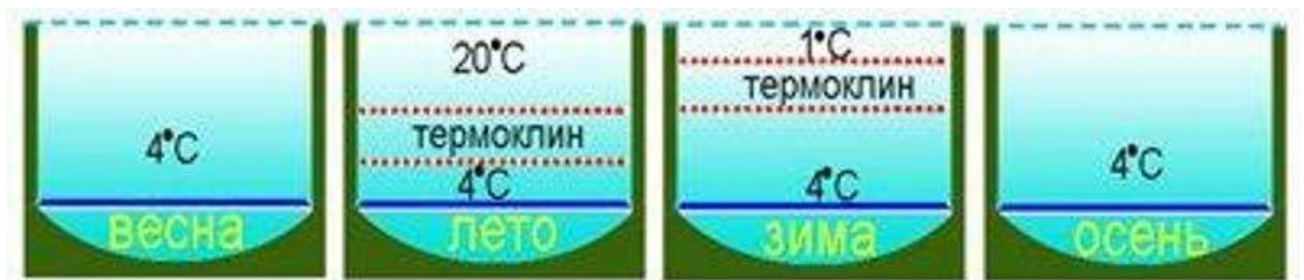


Рис. 18. Изменение температурного режима озера по сезонам

Весной ледяной покров тает, вода прогревается до 4 и опускается вниз, слой воды перемешивается до однородной температуры (весенняя гомотермия). Затем начинается прогрев слоя, возникает термоклин и формируется весенне-летняя стратификация.

### 1.5.2. Оптические свойства воды

Вода прозрачна только для видимых лучей и сильно поглощает инфракрасную радиацию. Поэтому на инфракрасных фотографиях водная поверхность всегда получается черной. При прохождении света через слой морской воды толщиной в 0,5 м поглощаются только инфракрасные лучи, ниже поглощаются последовательно красные, желтые, а затем и сине-зеленые тона.

По наблюдениям из батискафа человеческий глаз может обнаружить присутствие солнечного света на глубине до 600—700 м. **Эталоном прозрачности воды является Саргассово море.** Дальность видимости снизу вверх в приповерхностном слое моря составляет около 100 м.

Устройство для измерения прозрачности воды. Представляет собой **диск** диаметром 20-30 см, окрашенный в белый цвет или чёрными и белыми секторами по 90 градусов (рис. 19). **Диск Секки** опускается в водоём или водоток до полного исчезновения из виду. Глубина погружения характеризует прозрачность воды.

Белый диск в Саргассовом море виден на глубине до 66,5 м.

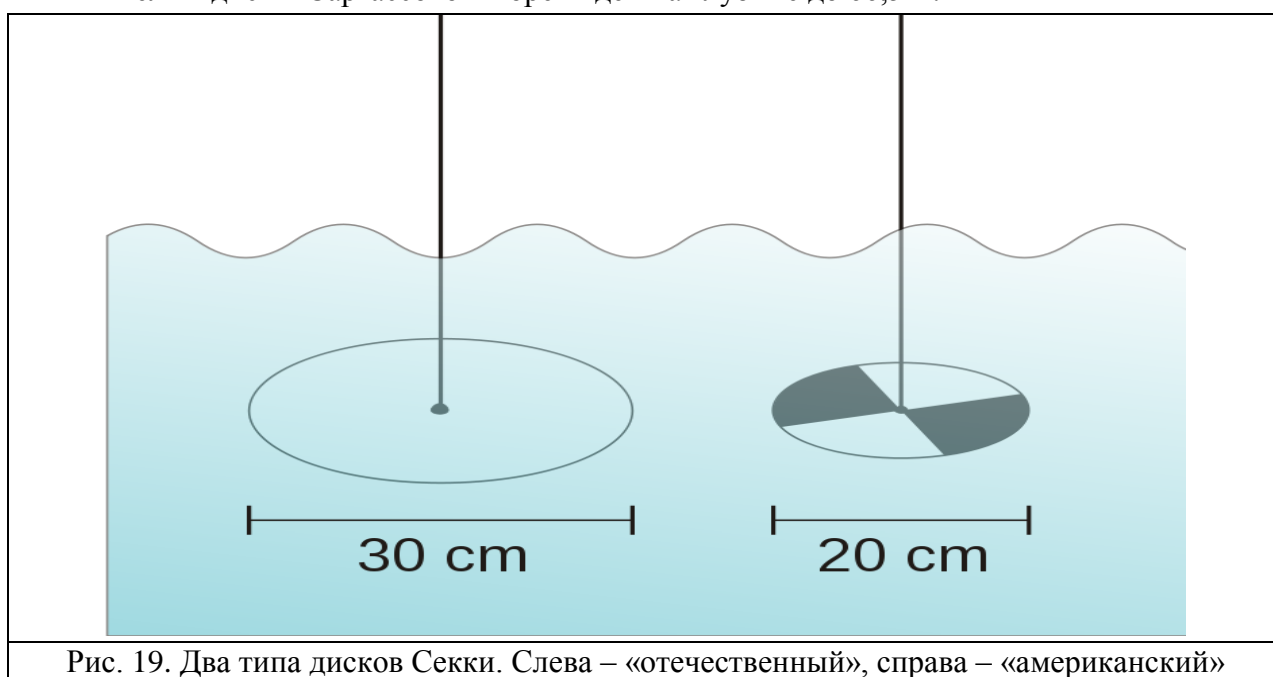


Рис. 19. Два типа дисков Секки. Слева – «отечественный», справа – «американский»

Максимальная величина прозрачности океанических вод (80 м) отмечена в море Уэддела у берегов Антарктиды осенью (антарктической весной) 1986 г.

Наибольшие измеренные величины прозрачности:

в Саргассовом море (Атлантический океан) — 66 м,

в Индийском океане – 40-50 м,

в Тихом океане – 62 м,

в восточной части Средиземного моря — 53 м,

в Черном море – 29 м.

Теоретически, в дистиллированной воде диск Секки должен исчезать из вида на глубине около 80 м.

Водой поглощается не весь солнечный свет. Она отражает 5 % солнечных лучей, в то время как снег — около 85%. Под лед океана проникает только 2% солнечного света.

### 1.5.3. Кислородный режим

Содержание **растворённого кислорода** (РК) в воде характеризует кислородный режим водоёма или водотока и имеет важнейшее значение для оценки его экологического и санитарного состояния. Концентрация РК в воде определяется соотношением двух групп противоположно направленных процессов: одни её увеличивают, другие – уменьшают.

К первой группе процессов, обогащающих воду кислородом, относят процесс абсорбции кислорода из атмосферы, называемый инвазией. Для усиления абсорбции кислорода из атмосферы в рыбоводных водоёмах используют различные виды механических и электрических устройств (рис. 20).



Рис. 20. Электромеханический аэратор, используемый в рыбоводных хозяйствах

Вторая группа процессов – выделение кислорода водной растительностью в результате фотосинтеза. При этом происходит поглощение из атмосферы углекислого газа и образуется органическое вещество по формуле  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ .

В основе реакции фотосинтеза лежит превращение энергии света в химическую энергию, которая даёт возможность превращать диоксид углерода в углеводы и другие органические соединения с выделением кислорода.

Фотосинтез протекает в поверхностном слое водоёма, глубина которого зависит от прозрачности воды (для каждого водоёма и сезона может быть различной, от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров). Интенсивность этого процесса зависит от большого числа различных абиотических (физических и химических) и биотических факторов, которые обуславливают периодические сезонные и суточные колебания концентраций РК.

При интенсивном развитии фитопланктона (цветении воды фитопланктоном) вода поверхностных слоёв может оказаться пересыщенной кислородом; такое пересыщение может достигать значительных величин (более 150 %). Это обычное для периода цветения явление возникает в результате отставания скорости выделения кислорода в атмосферу (эвазии) от скорости насыщения воды кислородом в результате фотосинтеза.

При повышении температуры концентрация кислорода в воде уменьшается (табл. 1). Это одна из причин, почему нельзя сбрасывать в водные объекты слишком тёплую воду. Кроме того, для поглощения кислорода важна скорость течения воды: при малых

скоростях в водном объекте может произойти стратификация, когда перемешивание слоёв воды не происходит и скорость поглощения кислорода из атмосферы снижается.

Таблица 1. **Зависимость равновесной концентрации кислорода в воде от температуры (атмосферное давление – 760 мм рт. ст.)** (растворимость атмосферного кислорода в воде в зависимости от температуры и солёности, мл/л)

Температура, °С	Солёность, ‰				
	0	10	20	30	40
0	10,29	9,65	9,01	8,36	7,71
10	8,02	7,56	7,10	6,63	6,17
20	6,57	6,22	5,88	5,53	5,18
30	5,57	5,27	4,96	4,65	4,35

Для характеристики содержания РК в водоёмах обычно определяют соотношение измеренной его концентрации и равновесной при одновременно измеренных температуре и минерализации воды, т.е. относительное содержание кислорода, выражаемое в процентах.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Каковы особенности формирования кислородного режима в морских и пресных водах?
2. Прозрачность воды и способы её оценки;
3. Каковы особенности температурного режима водоёмов в разные сезоны года? Как формируется термоклин?

## 1.6. ВОДНО-СОЛЕВОЙ ОБМЕН У ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

По степени солёности водоёмы условно подразделяются на пресные с солёностью менее 0,5 ‰, солоноватоводные – солёность 0,5-16 ‰ и солёные – больше 16 ‰.

Солёность океана 32-38 ‰.

По характеру водносолевого обмена гидробионты делятся на пресноводных и морских.

У большинства морских обитателей концентрация солей в организме близка к морской воде – такие живые организмы называются **изотоничными**. Абсолютная изотоничность свойственна кишечнорастворимым и иглокожим. У большинства беспозвоночных наблюдается некоторое повышение осмотического давления внутренней среды организма (**гипертоничность**), это обеспечивает постоянный приток в организм воды для уравнивания процессов выделения. Если осмотическое давление внутренней среды организма ниже, чем в морской воде, то это **гипотоничность** (рис. 21).

### Среда, окружающая эритроциты (раствор)

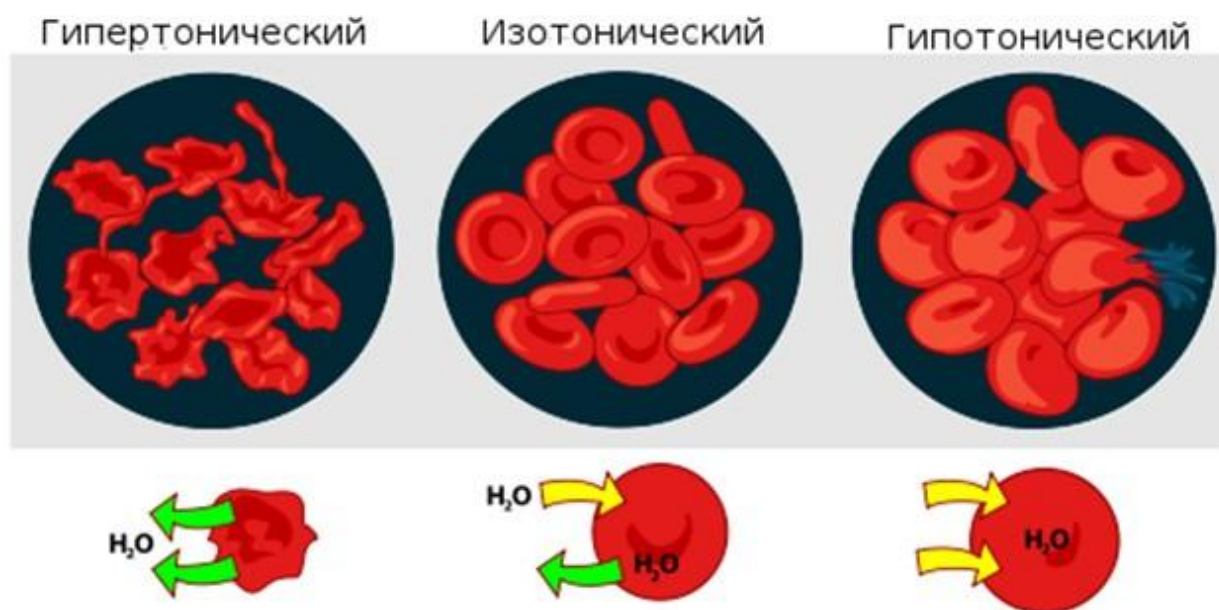


Рис. 21. Иллюстрация гипо-, изо- и гипертоничности

#### 1.6.1. Механизмы осморегуляции

Многие водные организмы, живущие в гипертрофированной среде (**морская вода**), теряют воду путем осмоса и поглощают растворенные вещества путем диффузии (рис. 22). Потеря воды возмещается питьем, приемом пищи. При этом **повышается концентрация солей, их избыток удаляется путем активного транспорта**. Организмы, живущие в **гипотонической среде, поглощают воду путем осмоса и теряют растворимые вещества путем диффузии**. Потеря солей возмещается путем активного поглощения.



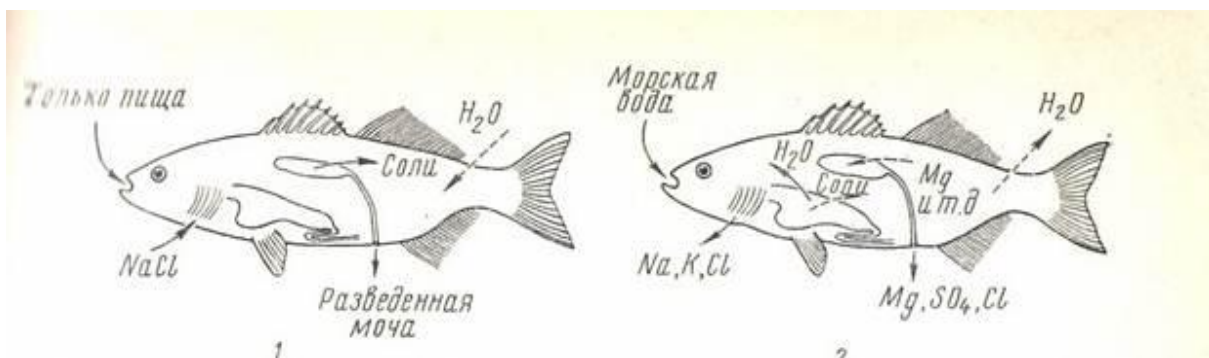


Рис. 22. Механизмы водно-солевого обмена в морской и пресноводной среде

Соленость внутренней среды пресноводных рыб (*слева*) значительно выше, чем пресной воды. Поэтому для поддержания ее постоянства рыбе необходимо удалять большое количество воды, проникающей в организм через внешние покровы, а также поглощать минеральные элементы (Na, K, Cl и др.) из низкоминерализованной пресной воды.

Напротив, у морских рыб (*справа*) соленость внутренней среды ниже, чем морской воды. Поэтому ей приходится поглощать большое количество воды и удалять из организма содержащиеся в ней минеральные соли

### 1.6.2. Пресноводная осморегуляция

Среди пресноводных нет изотоничных форм, концентрация жидкости в их клетках и тканях выше, чем в окружающей среде. **Пресноводные гидробионты гипертоничны**, они должны постоянно поддерживать осмотическое давление внутренней среды организма (они гомойосмотичные).

Механизмом поддержания постоянства осмотического давления является активное выделение избытка воды через почки. Вода поступает в организм пресноводных гидробионтов осмотическим путем через жабры и слизистую пищеварительного тракта. Почки и жабры представляют собой осморегуляторный механизм.

Потери солей с мочой и экскрементами компенсируются активным переносом ионов из окружающей среды против градиента концентрации. Процесс поступления солей идет через всю поверхность тела, жабры и с пищей.

### 1.6.3. Осморегуляция в море

#### 1. Костные рыбы

Задачи осморегуляции в море обратны пресноводному типу: в море концентрация солей несколько выше, чем в организме. Поэтому **в результате осмоса организм постоянно обезвоживается**.

Фильтрационная функция почек, направленная на усиленное выведение воды, у морских костных рыб ослаблена. Но **снижение уровня почечной фильтрации не компенсирует потери воды**, поэтому морские рыбы постоянно пьют воду, получая при этом избыток солей.

Реабсорбция ионов в почечных канальцах морских костных рыб резко снижена, но зато здесь происходит интенсивное обратное всасывание воды из состава первичной мочи. Избыток солей выводится через почки (с мочой), кишечник (с фекалиями), жабры.

**Через почки и кишечник выводятся двухвалентные ионы, через жабры – одновалентные.**

## **2. Хрящевые рыбы**

Концентрация солей в крови хрящевых рыб, также как и у костных рыб, ниже, чем в морской воде. **Но осмотическое давление жидкостей тела у этих рыб слегка превышает осмотическое давление морской воды**, т.е. они гипертоничны по отношению к среде обитания. Достигается это тем, что, **во-первых, в почечных канальцах хрящевых рыб идет активная реабсорбция мочевины, и до 70-99 % мочевины возвращается из первичной мочи в кровь**, повышая ее суммарное осмотическое давление.

Во-вторых, в крови хрящевых рыб накапливается триметиламиноксид (ТМАО), обладающий высокой осмотической активностью. Хрящевых рыб называют метизотоническими животными, т.е. промежуточными между гомойо- и пойкилоосмотическими формами.

### **1.6.4. Осморегуляция и жизненный цикл**

Чаще всего, даже если система осморегуляции животного развита хорошо, это не относится к его же молодежи (малькам, личинкам первых возрастов и т.п.). Уже потому, что они мельче, имеют более тонкие покровы и более быстрый метаболизм. Поэтому **организмы организуют свое размножение и жизненный цикл так, чтобы молодь обитала (по возможности) в условиях стабильного соленостного оптимума.**

Яйцам легче, чем молодежи – как правило, их желточная оболочка устроена так, что почти непроницаема для ионов и даже воды.

Кстати, по тому, где живет молодь у данного вида, легко понять, какого он происхождения. Виды пресноводного происхождения размножаются в пресной воде, даже если потом живут в морской (как осетровые и лососевые рыбы, а также солонатоводные жуки и клопы). Наоборот, выходцы из моря плывут размножаться в море, даже если живут в реках и эстуариях (как угорь, многие солонатоводные крабы и креветки *Macrobrachium*).

Как уже можно догадаться, практически у всех животных осморегуляция и выделение продуктов собственного обмена веществ не просто тесно взаимосвязаны, но отчасти обеспечиваются работой одной и той же (выделительной) системы. Выделение, таким образом, параллельно решает два вопроса: удаление излишних солей (у морских животных) или воды (у пресноводных) и удаление излишних продуктов разложения пищи.

Кратко о том, что получается при разложении пищи. Пища – это в основном углеводы, белки, жиры и сопутствующая им вода. При ее окончательном (клеточном) разложении больше всего получается воды и углекислоты. Излишки воды опять же удаляются выделительной системой, но с ними все понятно. Удаление углекислоты (и получение молекулярного кислорода для дальнейшего разложения пищи) – забота дыхательной системы. Кроме того, высвобождается энергия (которая и является целью всего процесса – она затем запасается с помощью АТФ и используется на всевозможную жизнедеятельность). Но еще все белки содержат довольно много азота, а его в воде не растворишь и с газами не выведешь. Поэтому азот специально переводится в удобные для



растворения соединения и выбрасывается через выделительную систему. Эти соединения у разных животных – аммиак, мочевина и мочевая кислота. Аммиак создать проще, но он токсичен и не должен накапливаться в больших концентрациях, для его разбавления и выведения расходуется много воды. Это путь пресноводных животных, которым воду экономить не приходится. Мочевину можно выводить в больших концентрациях с меньшим числом воды (так делают, например, морские хрящевые рыбы и млекопитающие). Мочевую кислоту можно водой почти не разбавлять, это путь наиболее жесткой экономии воды (используется в основном у наземных животных – насекомых, рептилий и птиц).

Итак, какие структуры породила эволюция для выделения и осморегуляции?

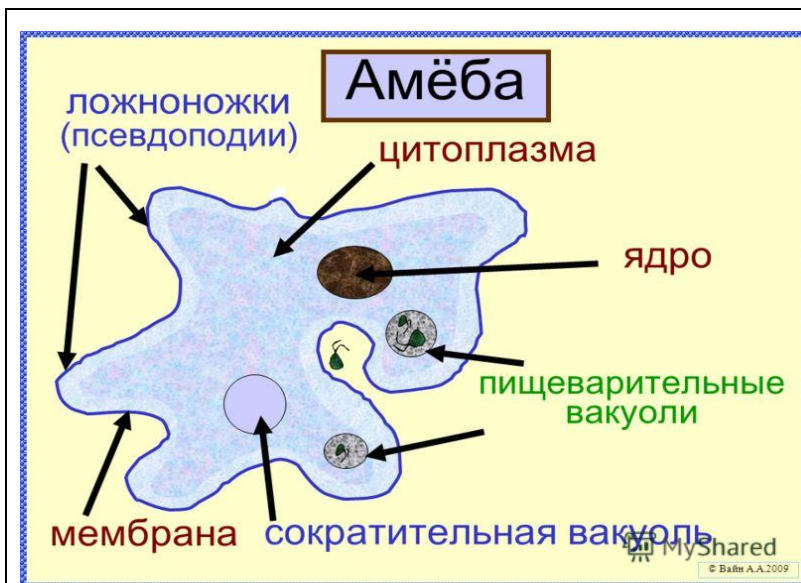


Рис. 23. Строение простейшего на примере амёбы

**Простейшие** (одноклеточные организмы) имеют лишь один барьер осморегуляции – клеточный. Это не помешало им приспособиться как к морским, так и к пресным водам, но эвригалинных форм среди них мало. Основные органы выделения – сократительные вакуоли, выпрыскивающие во внешнюю среду жидкости с излишками обмена веществ (рис. 23).

**Губки и кишечнополостные.** Не имеют специальных систем выделения, кроме тех, которые создают ток воды через их ткани (у губок, рис. 24). Фактически, каждая клетка имеет дело непосредственно с внешней средой и выводит продукты своего обмена прямо в нее (как и у простейших). Эвригалинных губок и кишечнополостных, по всей видимости, нет.

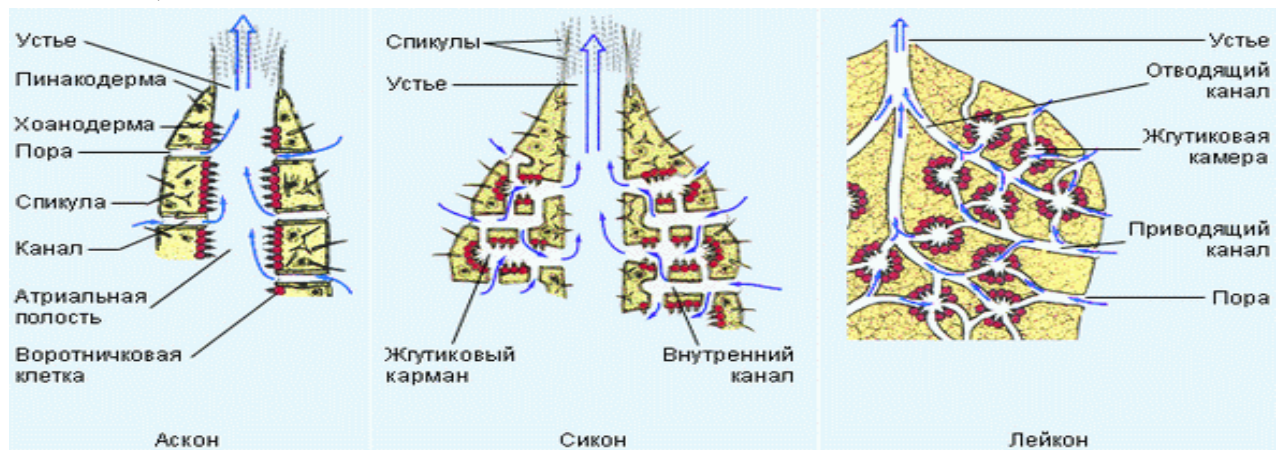


Рис. 24. Строение губок

**Плоские и круглые черви.** Снабжены протонефридиями (рис. 25) – многоклеточными аналогами сократительных вакуолей, накапливающими межклеточную жидкость и выпрыскивающими ее вовне. Осморегуляции тут тоже нет, с одной существенной оговоркой: кутикула многих нематод достаточно слабопроницаема даже для воды, что позволяет им легко выдерживать временные изменения солености (например, в эстуариях) и проявлять, таким образом, известную эвригалинность.

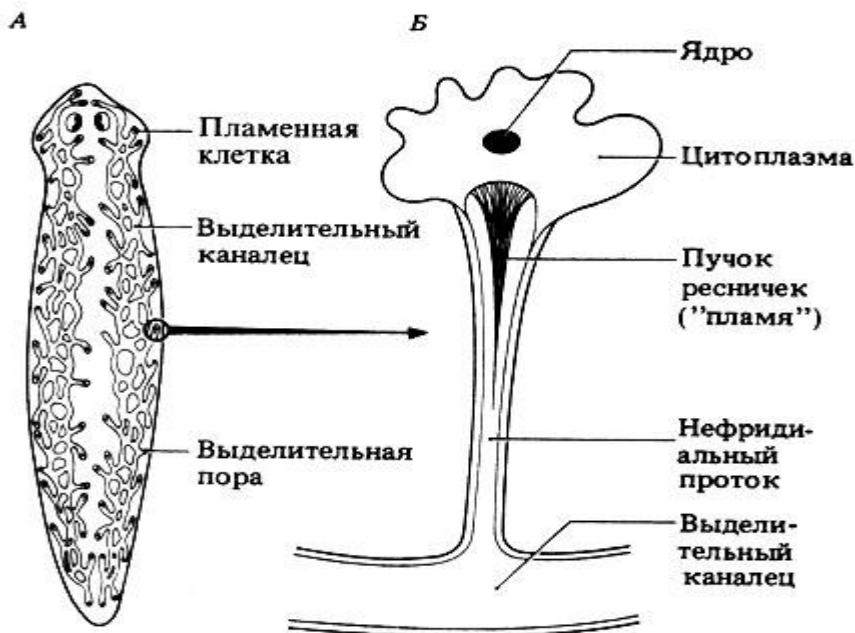


Рис. 25. Строение выделительной системы плоских червей

**Кольчатые черви.** Имеют метанефридии (рис. 26), в которые поступает жидкость из целомической полости, и имеющие систему дополнительной закачки ионов обратно в кровь (в пресной воде, где их нужно экономить) или из крови в нефридий (в морской воде, где от них нужно избавляться). Все же способности аннелид к осморегуляции довольно слабы, и эвригалинных форм среди них мало.



Рис. 26. Выделительная система кольчатых червей

**Моллюски.** Имеют специальный орган (почку) для накопления полостной жидкости и вторичной ее трансформации (закачки или откачки нужных ионов). Жидкость

в почку фильтруется из кровеносной системы, а из почки выводится в мантийную полость.

Мягкие и очень проницаемые покровы моллюсков не способствуют эффективной осморегуляции. Существенных успехов в этом направлении достигли только те, кто применяет в качестве дополнительных покровов раковину (которая непроницаема ни для чего вообще). Брюхоногие и двустворки, с хорошо развитой раковиной, имеют довольно много пресноводных видов (с эффективной гиперосмотической регуляцией), и даже немного эвригалинных (хотя в ограниченных пределах). Напротив, головоногие, отказавшиеся от раковины, осморегулируются плохо и живут только в полносоленых морях.

**Иглокожие.** Не имеют никаких систем осморегуляции и не способны адаптироваться к изменениям солености. Более того – за всю свою эволюцию они так и не смогли выйти в пресные и даже солоноватые воды.

**Ракообразные.** Обычно имеют свой аналог почек – так называемые антеннальные, или зеленые железы, открывающиеся на голове. Они также накапливают фильтрат из крови, вылавливают из него ценные ионы и выбрасывают наружу. Кроме того, у многих видов активный транспорт ионов из воды в кровь осуществляет эпителий жабр.

Однако, способность к осморегуляции в пределах класса очень сильно варьирует – от мелких морских рачков, практически не имеющих ни кровеносной, ни почечной системы и полностью пойкилоосмотических, до пресноводных и наземных форм с существенной осморегуляцией, вплоть до абсолютно эвригалинных жаброногов *Artemia*. Больше всего эвригалинных форм именно среди ракообразных.

**Насекомые.** Поскольку они возникли на суше, изначально имеют мощные системы экономии влаги – плотные наружные покровы (почти не пропускающие даже воду) и так называемые мальпигиевы сосуды, удаляющие продукты азотистого обмена в очень концентрированном виде, почти без воды. В крови насекомых много мочевины, что позволяет поддерживать высокую осмотичность крови при дефиците неорганических ионов. При этом насекомые плохо приспособлены к активному удалению ионов и почти не живут в море, но прекрасно заселяют пресные воды, главным образом на стадии личинок.

У пресноводных личинок для дыхания обычно развиты специальные тонкопокровные выросты (жабры); в них же происходит активная закачка ценных ионов из воды. Некоторые виды насекомых вышли также в солоноватые воды, а несколько видов – даже в гипергалинные (пересоленные), осуществляя гипоосмотическую осморегуляцию.

**Рыбы** также имеют хорошо развитые почки, осуществляющие активный транспорт ионов в нужном направлении и обеспечивающие эффективную осморегуляцию. Покровы рыб не очень плотны, зато относительно большие размеры помогают поддерживать неплохой ионостаз.

Рыбы не только дали большое число как морских, так и пресноводных видов. Некоторые из них, словно насмехаясь над проблемой осморегуляции, активно мигрируют из морей в реки и обратно (как лососи), а также заселяют эстуарии (как колюшки и камбалы).

## 1.7. ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ГИДРОБИОНТОВ

- 1. планктон** – не способные к активному движению организмы (водоросли, простейшие, рачки), не способны противостоять токам воды. Криопланктон (жгутиконосцы) – население талой воды, образуется под лучами солнца в трещинах льда и пустотах снега.
- 2. нектон** – крупные животные, двигательная активность которых достаточна для преодоления водных течений (рыбы, кальмары, млекопитающие).
- 3. плейстон** – организмы, часть тела которых находится в воде, а часть над поверхностью (ряска, брюхоногие моллюски, рыбы).
- 4. бентос** (бактерии, актиномицеты, водоросли и грибы, простейшие, губки, кораллы, кольчатые черви, ракообразные, иглокожие, личинки насекомых) обитает на поверхности грунта (эпибентос) и в его толще (эндобентос). В зоне контакта водной толщи с дном находится пелагобентос.
- 5. перифитон** – обрастатели – все организмы, обитающие на плотных субстратах за пределами придонного слоя воды (двустворчатые и усообразные моллюски, губки).
- 6. нейстон** – организмы живущие в приповерхностном слое воды. На поверхности водной пленки – эпинеuston (клопы-водомерки, мухи) или под ней – гипонейстон (веслоногие рачки, молодь рыбы, насекомые, личинки моллюсков).

### Вопросы для самоконтроля:

1. Каковы особенности осморегуляции у простейших, губок и кишечнополостных?
2. Каковы особенности осморегуляции у пресноводных рыб?
3. Каковы особенности осморегуляции у пресноводных рыб?
4. Почему мясо акулы перед приготовлением следует вымачивать?

## 2. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГИДРОБИОНТОВ

### 2.1. ПРОДУКЦИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ. ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДОЁМОВ

#### 2.1.1. Продукция в водных экосистемах

Для оценки содержания питательных веществ в водоеме применяются термины – **кормовые ресурсы, кормность, трофность.**

Биологическая продуктивность водоема (кормность, трофность) – способность сообщества, населяющего водоем, поддерживать определенную скорость воспроизводства биомассы входящих в его состав живых организмов. Биопродуктивность водоёмов характеризует совокупность процессов образования органического вещества и поглощения энергии, их трансформации при прохождении по трофическим цепям. Основная роль в процессах новообразования органического вещества в водоемах принадлежит хлорофиллсодержащим организмам – фитопланктону и макрофитам.

Свойство популяции или сообщества продуцировать органическое вещество называется **биологической продуктивностью.** Её количественным показателем служит **продукция** – суммарное количество биомассы, образованное совокупностью растущих и размножающихся особей за определенное время. **Продукцию понимают как характеристику продукционного процесса за конкретный момент времени** – сутки, месяц или год. Величину продукции относят обычно к единицам площади или объема. При сравнении продуктивности сообществ часто определяют **удельную продукцию** – отношение продукции сообщества к его биомассе за определенный отрезок времени.

#### 2.1.2. Первичная продукция

Первичная продукция – результат жизнедеятельности растительных организмов и хемобактерий – новообразование органического вещества из неорганического за определенный период времени. Она создается в процессе фотосинтеза и, в значительно меньшей степени, хемосинтеза. В ходе фотосинтеза энергия Солнца, улавливается фотосинтетическими пигментами (хлорофиллом) и связывается в энергию химических связей органических веществ. Мерой первичной продукции является скорость новообразования органического вещества. Планктонные водоросли используют на метаболизм около 40 % фиксируемой энергии.

Различают **валовую и чистую** первичную продукцию.

Валовая первичная продукция (ВПП) – общая скорость фотосинтеза, все созданное органического вещества, в том числе и, которое используется самими растениями на поддержание их существования (на обмен, дыхание) (ТД – траты на дыхание).

Чистая первичная продукция (ЧПП) или эффективная первичная продукция представляет собой скорость создания органического вещества за вычетом доли, используемой самими же организмами на процессы жизнедеятельности (ассимиляция) и которая остается непосредственно доступной для использования другими организмами в воде в качестве пищи.

$$\text{ВПП} = \text{ТД} + \text{ЧПП}$$

Оставшаяся часть созданной органической массы (за вычетом трат на дыхание) характеризует чистую первичную продукцию, которая представляет собой величину прироста растений:

$$\text{ЧПП} = \text{ВПП} - \text{ТД}.$$

Чистая продукция сообщества или продуктивность сообщества – скорость накопления органического вещества сообществом после выедания этого вещества консументами.

По уровню первичной продукции различают водоёмы **олиготрофные и эвтрофные** (рис. 27). Олиготрофные (малокормные) водоёмы характеризуются очень низким уровнем первичной продукции вследствие дефицита так называемых биогенных веществ – растворимых соединений азота и фосфора. В эвтрофных (высококормных) водоёмах, напротив, нет дефицита биогенных веществ, поэтому уровень первичного продуцирования высок.

Различают также промежуточное состояние – **мезотрофное**.

Случается, что в эвтрофных водоёмах вследствие прогрессирующего накопления органического вещества формируется режим устойчивой гипоксии (дефицита растворённого кислорода), сопровождающийся присутствием значительных концентраций гуминовых веществ, обладающих консервирующими свойствами. Для таких водоёмов характерно **дистрофное состояние** – когда первичная продукция находится на низком уровне вследствие её ингибирования гуминовыми веществами, при этом количество биогенных может быть весьма значительным.

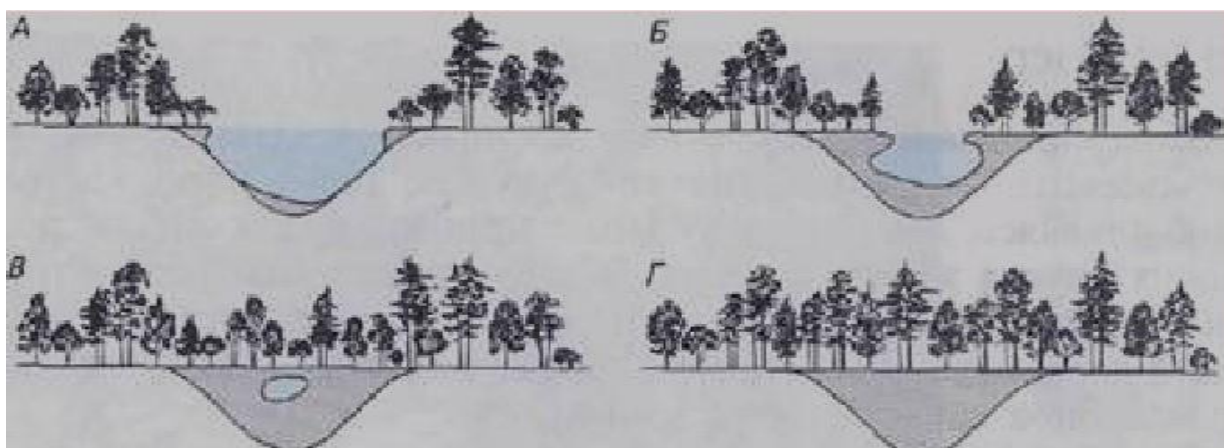


Рис. 27. Основные трофические состояния природных озёр: А – олиготрофное, Б – эвтрофное, В – дистрофное; Г – лес на месте исчезнувшего озера

Основные характеристики пресноводных водоёмов разных типов приведены в табл. 1 и 2.

Табл. 1. Индикаторные виды макрофитов водоёмов различной трофности

Тип водоёма			
Олиготрофный	Мезотрофный	Эвтрофный	Дистрофный
Лобелия Дортмана	Рдест пронзеннолистный	Роголистник	Сфагновые мхи
Уруть	Рдест сплюснутый	тёмнозелёный	Вахта трёхлистная
очередноцветковая	Уруть мутовчатая	Уруть колосистая	Белокрыльник
Лютик простёртый	Кубышка жёлтая	Телорез алоэвидный	болотный
Полушник	Ряска трёхдольная	Водяной орех	Сабельник болотный
колючеплодный	Элодея канадская	плавающий	
Рдест блестящий	Стрелолист	Кувшинка белая	
	Осока пузырчатая	Ряска малая	

Табл. 2.

**Уровень биогенных веществ, биомассы и продукции озёр разных трофических категорий**

Трофность	Ультра-олиго-трофное	Олиго-трофное	Мезотрофное	Эвтрофное
Общий фосфор (мг м <sup>-3</sup> )	4	10	10-35	35-100
Среднегодовое содержание хлорофилла (мг м <sup>-3</sup> )	1	2,5	2,5–8	8–25
Максимум хлорофилла (мг м <sup>-3</sup> )	2,5	8,0	8-25	25-75
Среднегодовая прозрачность по диску Секки (м)	12	6	6-3	3-1,5
Минимальная прозрачность по диску Секки (м)	6	3	3-1,5	1,5-0,7
Насыщенность кислородом (%)	<90	<80	40-89	40-0
Доминирующие рыбы	Форель, сиг	Форель, сиг	Сиг, окунь, чехонь	Окунь, плотва, лещ

### 2.1.3. Эвтрофирование (эвтрофикация) водоёмов

Эвтрофирование природных озёр – естественный процесс, связанный с накоплением биогенных веществ (растворимые соединения азота и фосфора). Антропогенная нагрузка на водоёмы связана в том числе с чрезмерным поступлением в них биогенных веществ и, соответственно, к их прогрессирующему эвтрофированию.

**Последствия:**

Прогрессирующее развитие сине-зеленых водорослей (цианобактерий)

Неприятный запах и вкус воды

Токсичные вещества в воде

Гибель рыб

Заращение, заболачивание водоёмов

Снижение эстетических достоинств водоёма

### 2.1.4. Вторичная продукция

Прирост массы консументов называют **вторичной продукцией**, но её источник – первичная продукция.

Вторичная продукция – продукция гетеротрофных организмов (консументов), которые питаются готовыми органическими веществами, прирост биомассы консументов за единицу времени.

К вторичной продукции относят продукцию организмов второго и последующих трофических уровней (все животные, гетеротрофные микроорганизмы и сапрофитные растения).



Чистая вторичная продукция – общая вторичная продукция за вычетом веществ, истраченных на дыхание и потребленных гетеротрофами.

Вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого трофического уровня, так как прирост массы на каждом из них происходит за счет энергии, поступающей с предыдущего уровня. Гетеротрофы, включаясь в трофические цепи, живут, в конечном счете, за счет чистой первичной продукции сообщества. В разных экосистемах они расходуют ее с разной полнотой.

Если скорость изъятия первичной продукции в цепях питания отстает от темпов прироста растений, то это ведет к постепенному увеличению общей биомассы продуцентов. Под биомассой понимают суммарную массу организмов данной группы или всего сообщества в целом. Часто биомассу выражают в эквивалентных энергетических единицах. В разных экосистемах скорость утилизации биомассы различна.

Недостаточная утилизация продуктов опада в цепях разложения имеет следствием накопление в системе мертвого органического вещества, что происходит, например, при заторфовывании болот, зарастании мелководных водоемов. Биомасса сообщества с уравновешенным круговоротом веществ остается относительно постоянной, так как практически вся первичная продукция тратится в цепях питания и разложения.

Воспроизводительную способность запаса того или иного гидробионта неплохо отражает такой показатель, как Р/В-коэффициент (отношение продукции к биомассе, табл. 3).

Табл. 3. Некоторые характеристики основных групп гидробионтов Мирового океана

<b>Группа</b>	<b>Биомасса, млрд.т</b>	<b>Продукция, млрд.т</b>	<b>Р/Вкоэффициент</b>
<b>1. Продуценты (всего)</b>	<b>11,5-13,8</b>	<b>1240-1250</b>	<b>90-110</b>
В том числе:			
фитопланктон	10-12	более 1200	<b>100-200</b>
фитобентос	1,5-1,8	0,7-0,9	<b>0,5</b>
микрофлора (бактерии и простейшие)	-	40-50	-
<b>2. Консументы (всего)</b>	<b>21-24</b>	<b>70-80</b>	<b>3-5</b>
Зоопланктон	5-6	60-70	<b>10-15</b>
Зообентос	10-12	5-6	<b>0,5</b>
Нектон	6	4	<b>0,7</b>
В том числе:			
криль	2,2	0,9	<b>0,4</b>
кальмары	0,28	0,8-0,9	<b>2,5-3,0</b>
мезопелагические рыбы	1,0	1,2	<b>1,2</b>
прочие рыбы	1,5	0,6	<b>0,4</b>
<b>Всего</b>	<b>32-38</b>	<b>1310-1330</b>	<b>34-42</b>



Обычно принято считать, что промысел без ущерба для запаса может изымать около половины годовой продукции, или около 0,3 среднегодовой биомассы.

### Ориентировочные оценки возможного годового изъятия основных групп nekтона, а также криля (в млрд. т)

1. Планктоноядные и хищные пелагические и донные рыбы:

$0,3B$  (биомассы) = 0,5 млрд. т;  $0,5P$  (продукции) = 0,3 млрд. т.

Среднее значение - 0,4 млрд. т.

2. Мелкие мезопелагические рыбы:  $0,3B = 0,3$  млрд. т;  $0,5P = 0,6$  млрд. т

Среднее значение - 0,45 млрд. т.

3. Криль:  $0,3B = 0,66$  млрд. т;  $0,5P = 0,45$  млрд. т.

Среднее значение - 0,55 млрд. т.

4. Кальмары:  $0,3B = 84$  млн. т;  $0,5P = 425$  млн. т.

Среднее значение - 255 млн. т.

Таким образом, для основных промысловых групп nekтона (рыб, кальмаров) и криля потенциальная промысловая продукция Мирового океана составляет около 1,6-1,7 млрд. т.

Экосистемы очень разнообразны по относительной скорости создания и расходования как первичной продукции, так и вторичной продукции на каждом трофическом уровне.

Однако всем без исключения экосистемам свойственны определенные количественные соотношения первичной и вторичной продукции, получившие название правила пирамиды продукции: на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, больше, чем на последующем (рис. 28).

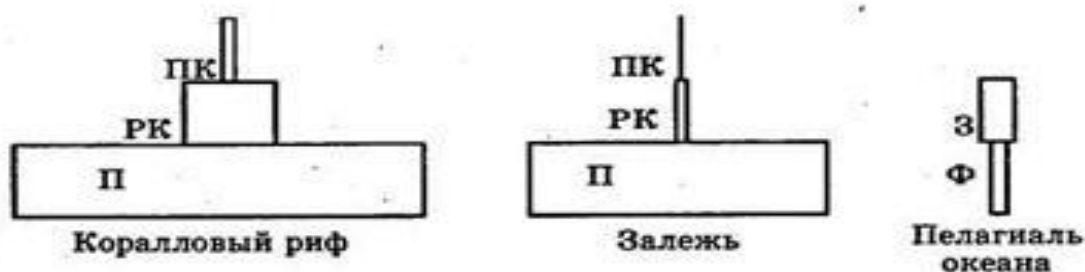


Рис. 28. Пирамиды биомассы некоторых биоценозов:

П — продуценты; РК — растительноядные консументы; ПК — плотоядные консументы; Ф — фитопланктон; З — зоопланктон

Для экосистемы океана характерна тенденция накапливания биомассы на высоких уровнях, у хищников. Хищники живут долго и скорость оборота их поколений мала, но у продуцентов — у фитопланктонных водорослей, оборачиваемость может в сотни раз превышать запас биомассы. Это значит, что их чистая продукция и здесь превышает продукцию, поглощенную консументами, т. е. через уровень продуцентов проходит больше энергии, чем через всех консументов.

Отсюда понятно, что еще более совершенным отражением влияния трофических отношений на экосистему должно **быть правило пирамиды продукции (или энергии):**

на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы (или энергии), создаваемой за единицу времени, больше, чем на последующем. Трофические или пищевые цепи могут быть представлены в форме пирамиды. Численное значение каждой ступени такой пирамиды может быть выражены числом особей, их биомассой или накопленной в ней энергией.

В соответствии с **законом пирамиды энергий Р.Линдемана и правила десяти процентов**, с каждой ступени на последующую ступень переходит приблизительно 10 % (от 7 до 17 %) энергии или вещества в энергетическом выражении. Заметим, что на каждом последующем уровне при снижении количества энергии ее качество возрастает, т.е. способность совершать работу единицы биомассы животного в соответствующее число раз выше, чем такой же биомассы растений.

Ярким примером является трофическая цепь открытого моря, представленная планктоном и китами. Масса планктона рассеяна в океанической воде и, при биопродуктивности открытого моря менее  $0,5 \text{ г/м}^2 \text{ сут}^{-1}$ , количество потенциальной энергии в кубическом метре океанической воды бесконечно мало в сравнении с энергией кита, масса которого может достигать нескольких сотен тонн. Как известно, китовый жир - это высококалорийный продукт, который использовали даже для освещения. В соответствии с последней цифрой и сформулировано **правило одного процента**: для стабильности биосферы в целом доля возможного конечного потребления чистой первичной продукции в энергетическом выражении не должно превышать 1 %.

### **2.1.5. Сравнительная продуктивность наземных и морских экосистем**

Величины биологической продуктивности морских и наземных сообществ весьма различаются. Первичная продукция биотической компоненты океана в среднем в 5 раз меньше наземной в расчете на единицу поверхности, а по биомассе растений континенты превосходят Мировой океан примерно в 7-10 тыс. раз, при этом площадь поверхности океана превышает площадь поверхности континентов примерно в 2,5 раза.

Общая первичная продукция континентов примерно в 2 раза превышает продукцию океанической экосистемы. В настоящее время полагают, что вклад океана в общую биологическую продукцию значительно больше и равен 50 %, а по некоторым оценкам до 70 % продукции наземных экосистем.

Общий ежегодный прирост биомассы (в пересчете на сухое вещество) составляет:

- на Земле в целом – 220 млрд. тонн;
- на суше – 130 млрд.тонн;
- в Мировом океане – 90 млрд.тонн;
- средняя продуктивность суши составляет примерно 100 ц/га в год,
- а для океана – 25 ц/га в год

В морской среде наиболее низкими по уровню первичной продукции являются океанические районы (рис. 29), которые сравнимы по уровню продуктивности с пустынями на континентах. Наиболее высокими по величине продукции являются сообщества морских трав, коралловых рифов и бурых водорослей. Прибрежные сообщества с водорослями и морскими травами по величине продукции не уступают сообществам агроценозов на суше, для которых отмечаются наивысшие показатели биологической продуктивности.



Рис. 29. Распределение биомассы планктона в Мировом океане

Географическое распространение биологических ресурсов Мирового океана (как и биологических ресурсов суши) крайне неравномерно. В его пределах довольно четко выделяются:

- очень высокопродуктивные,
- высокопродуктивные,
- среднепродуктивные,
- малопродуктивные, и
- самые малопродуктивные области.

Естественно, что наибольший хозяйственный интерес представляют две первые из них. Именно эти области имел в виду В. И. Вернадский, когда писал о наличии в Мировом океане особых *сгущений*. Такие сгущения жизни связаны преимущественно с шельфовыми зонами. Интересно, что продуктивные области в Мировом океане могут иметь характер широтных поясов, что в значительной мере обусловлено неодинаковым распределением солнечной энергии. Так, обычно выделяют следующие природно-рыбохозяйственные пояса:

- приполярные арктический и антарктический (соответственно менее 1 и 15 % площади океанского сектора),
- умеренные пояса Северного и Южного полушарий (11 и 34 %),
- тропическо-экваториальный пояс (40 %).

Наибольшее хозяйственное значение из них имеет умеренный пояс Северного полушария (рис. 30).

Для более полной характеристики географического распространения биоресурсов большой интерес представляет распределение их между отдельными океанами Земли. Первое место и по общему объему биомассы, и по числу видов занимает Тихий океан. Это объясняется в первую очередь огромными размерами его акватории и большим разнообразием природных условий в ее пределах. Животный мир его по видовому составу в три-четыре раза богаче, чем других океанов. Фактически здесь представлены все виды живых организмов, населяющих Мировой океан. Тихий океан отличается от других также высокой биологической продуктивностью, особенно в умеренных и экваториальном поясах. Но еще более велика биологическая продуктивность в зоне шельфа: именно здесь обитает и нерестится подавляющее большинство тех морских животных, которые служат объектами промысла.

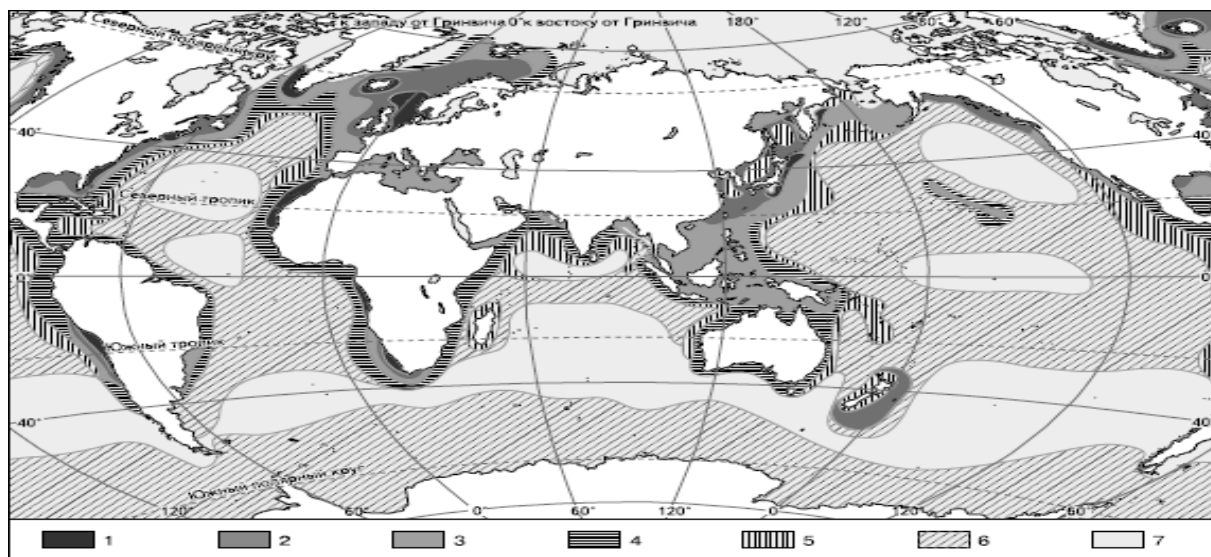


Рис. 30. Рыбопродуктивность Мирового океана (по П. П. Моисееву): 1 – более 3000 кг/км<sup>2</sup>; 2 – более 1000; 3 – более 500; 4 – более 200; 5 – более 100; 6 – более 10; 7 – более 7 кг/км<sup>2</sup>

Очень богаты и разнообразны также биологические ресурсы Атлантического океана. Как и Тихий океан, он выделяется высокой средней биологической продуктивностью. Животные населяют всю толщу его вод. В умеренных и холодных водах обитают крупные морские млекопитающие (киты, ластоногие), сельдевые, тресковые и другие виды рыб, ракообразные. В тропической части океана количество видов измеряется уже не тысячами, а десятками тысяч. Разнообразные организмы обитают и в его глубоководных горизонтах в условиях огромного давления, низких температур и вечной тьмы. Плотность планктона наиболее велика между 45° и 75° обоих полушарий. А в прибрежных районах большое распространение имеют морские водоросли (макрофиты).

Значительными биологическими ресурсами обладает также Индийский океан, но изучены они здесь хуже и используются пока меньше.

Что же касается Северного Ледовитого океана, то преобладающая часть холодных и ледовитых вод Арктики неблагоприятна для развития жизни и поэтому мало продуктивна.

Лишь в приатлантической части этого океана, в зоне влияния Гольфстрима, его биопродуктивность значительно повышается

Россия обладает очень большими и разнообразными морскими биологическими ресурсами. В первую очередь это относится к морям Дальнего Востока, причем самое большое разнообразие (800 видов) отмечается у берегов южных Курильских островов, где сосуществуют холоднолюбивые и теплолюбивые формы.

Из морей Северного Ледовитого океана наиболее богато биоресурсами Баренцево море.

**По уровню биологической продуктивности океан – это пустыня по сравнению с прибрежными экосистемами, однако средний низкий уровень компенсируется огромной площадью Мирового океана. Пресные водоемы континентов, в среднем, менее продуктивны, чем суша.**

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое первичная продукция? Назовите основных первичных продуцентов в пресных и морских водоёмах.
2. Опишите методы определения первичной продукции?
3. Вторичная продукция, её расчёт с помощью Р/В-коэффициентов.
4. Назовите самые продуктивные зоны Мирового океана?

# 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЁМОВ РАЗНЫХ ТИПОВ

## 3.1. ОКЕАНЫ

### 3.1.1. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МИРОВОГО ОКЕАНА

Вертикальная зональность в океане определяется общими особенностями рельефа литосферы. Соответственно этому для бентали различают зону заплеска и штормовых выбросов — **супралитораль**, приливо-отливную зону или **литораль**, зону материковой отмели, или шельфа — **сублитораль**, зону континентального склона — **батиаль**, зону океанического ложа — **абиссаль**, зону глубоководных океанических желобов — **ультраабиссаль**, или **хадаль**);

В пелагиали вследствие вертикального перемешивания вод и существования краткопериодных вертикальных миграций пелагических организмов вертикальная зональность выражена в гораздо меньшей степени относительно бентали.

Но в целом:

сублиторали соответствует **эпипелагиаль**,

верхнему горизонту батиали - **мезопелагиаль**,

нижнему горизонту батиали и батиабиссальному переходному горизонту - **бати-пелагиаль**,

абиссали – **абиссопелагиаль** (рис. 31).



Рис. 31. Вертикальная зональность океана

В пелагиали вследствие вертикального перемешивания вод и существования краткопериодных вертикальных миграций пелагических организмов вертикальная зональность выражена в гораздо меньшей степени относительно бентиали.

Но в целом:

сублиторали соответствует эпипелагиаль,

верхнему горизонту батиали - мезопелагиаль,

нижнему горизонту батиали и батиабиссальному переходному горизонту - батипелагиаль,

абиссали - абиссопелагиаль.

### 3.1.2. ШИРОТНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МИРОВОГО ОКЕАНА

Зональность Мирового океана вызвана главным образом широтным распределением поступающей к поверхности океана солнечной радиации и механической энергии ветра.

Представление о зональности Мирового океана сформировалось во времена парусного флота:

- вблизи экватора выделялась **зона затишья**,
- вокруг неё – **зоны пассатов** Северного и Южного полушария (северо-восточного и юго-восточного направлений), за ними –
- **штилевые «конские широты»**, затем
- **зоны западных ветров**, включающие:
  - «ревушие сороковые»,
  - «неистовые пятидесятые» и
  - «пронзительные шестидесятые» широты Южного океана (рис. 32).

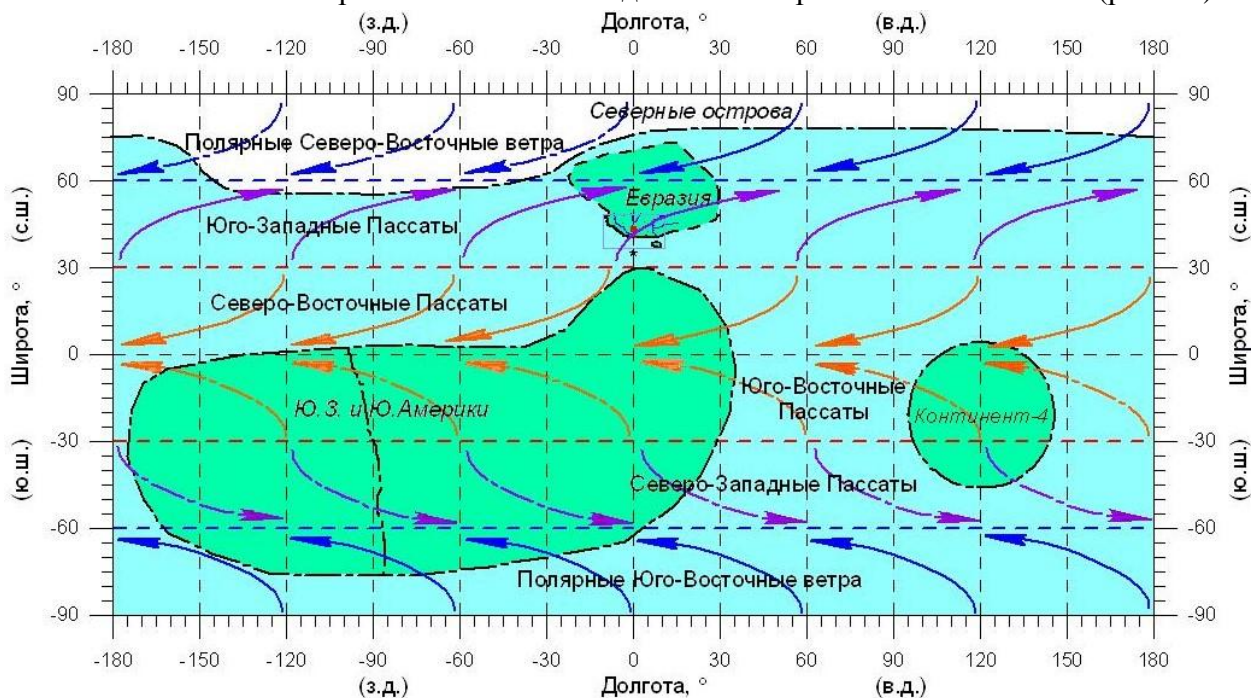


Рис. 32 Ветры Южного полушария



Первая трёхмерная схема зональности Мирового океана дана в работе немецкого океанографа А. Дефанта (1928), который разделил Мировой океан на две сферы – океанскую тропосферу, или тёплый океан (ТО), и океанскую стратосферу, или холодный океан (ХО). ТО занимает центральную часть Мирового океана, образует на поверхности тёплый пояс приблизительно между 45° северной широты и 45° южной широты, глубина которого несколько сотен метров. ТО отделён от ХО слоем скачка температуры (постоянным термоклинном) с характерной изотермой 10°C. **Воды ХО лежат под водами ТО и выступают на поверхность южнее и севернее его границ** со стороны полюсов, где занимают всю толщу от поверхности до дна.

На поверхности океана выделяются три тепловых пояса: северный холодный, центральный тёплый и южный холодный. Граница между тёплым и холодным поясом (у Дефанта это выход на поверхность океана термоклина) - место расположения промежуточной умеренной зоны.

Зональность, состоящая из пяти зон (две холодные, две умеренные и одна жаркая), была предложена С. В. Колесником в 1947. Границы зон проведены по изотермам 10 и 20°C.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие зоны океана (по глубине) вы можете назвать? Каковы особенности этих зон?
2. Опишите распределение температур поверхностного слоя в широтном аспекте. Что собой представляет «тёплый» и «холодный» океан?
3. Океанические течения и ветры над океаном.

### **3.1.3. ФИТОПЛАНКТОН**

Различают следующие зоны формирования планктонных сообществ:

- \* Неритическая (прибрежная, надшельфовая) – в основном совпадает с участками акватории Мирового океана, обозначенными штриховкой с номером 4;
- \* Дальне-неритическая – в основном совпадает с участками акватории Мирового океана, обозначенными штриховкой с номером 3 и 2;
- \* Океаническая – в основном совпадает с участками акватории Мирового океана, обозначенными штриховкой с номером 1 (рис. 33).

### **3.1.4. ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА**

Слой, в котором наблюдаются особенно плотные скопления фитопланктона – это **трофогенный слой**. Его нижняя граница лежит на самом нижнем богатом горизонте, глубже которого на данной станции такого обилия фитопланктона уже нет. Экологическая плотность популяции (плотность в биотопе) выше, чем плотность псевдопопуляции в слоях глубже основного пикноклина.

Толщина трофогенного слоя в океане может изменяться в довольно широких пределах от очень тонкого приповерхностного слоя (по-видимому, меньше 5 м) до 200 м. Глубина положения основного пикноклина в Тихом океане изменяется от 10 до 250 м. Средняя граница трофогенного слоя в районах, различающихся по количеству фитопланктона, соответствует средней глубине положения основного пикноклина

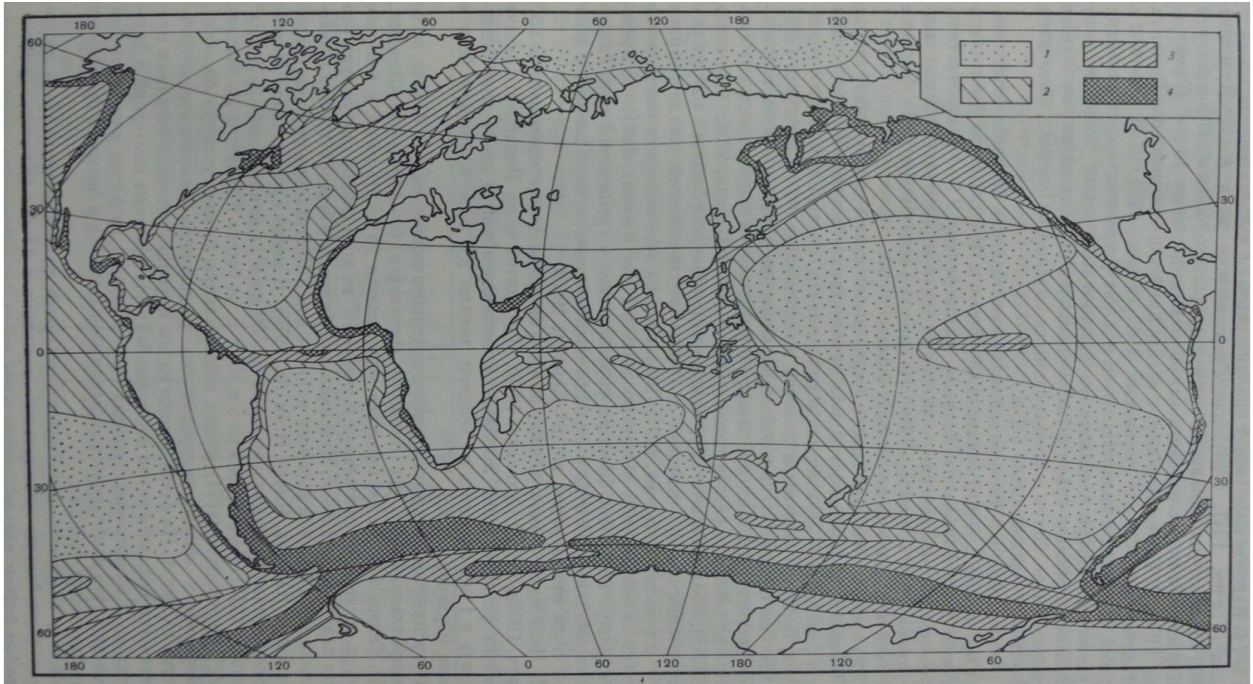
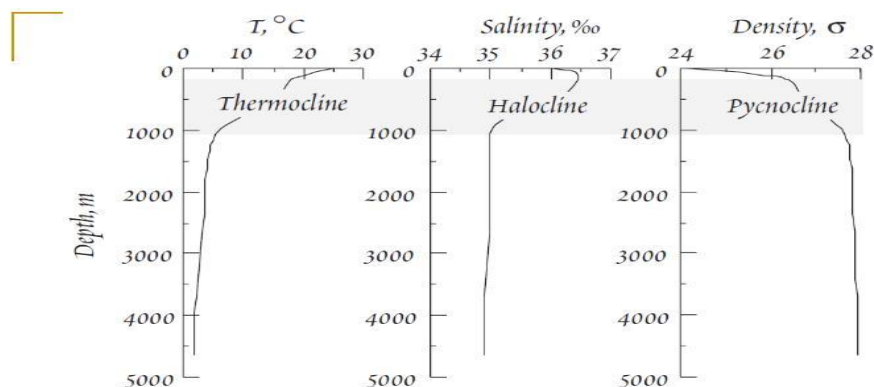


Рис. 33. Схема распределения численности клеток (кл/л) (по Волковинскому и др., 1972)  
Средние значения для слоя 0–100 м: 1 –  $< 10^2$ ; 2 –  $10^2-10^3$ ; 3 –  $10^3-10^4$ ; 4 –  $> 10^4$

**Пикноклин** – резкий скачок плотности воды на глубине, расположенный ниже перемешанного слоя. Слой в толще воды, где плотность изменяется с глубиной значительно быстрее, чем в соседних интервалах глубин.

**Пикноклин играет важнейшую роль** в жизни Мирового океана.

В слое скачка плотности (глубина его залегания колеблется от 25 до 100–120 м) (табл. 4) вертикальные градиенты плотности могут достигать весьма больших значений (рис. 34), и в этих случаях он играет роль «жидкого грунта», на котором могут сосредотачиваться не только планктонные, но и более крупные организмы. Моряки–подводники иногда называют его «жидким грунтом». Является препятствием для прохождения гидроакустического сигнала, что служит маскирующим фактором при уклонении подводной лодки от гидроакустического поиска надводных кораблей.



Температура, солёность и плотность вариации станции GEOSECS от 25 до 58° с.ш. в Северной Атлантике. Серые области показывают, положение постоянного термоклина и пикноклина. Инверсии в профиле солёности вблизи поверхности указывают на превышение осадков над испарением.

Рис. 34. Пример изменения температуры, солёности и плотности воды в океане



Таблица 4. Средняя глубина трофогенного слоя и средняя глубина верхней и нижней границ основного пикноклина в Тихом океане и юго-восточной части Атлантики (Сёмина, 1976)

Район	Число станций	Толщина трофогенного слоя, м	Верхняя и нижняя граница основного пикноклина, м
Тихий океан			
Субарктический (весна)	23	Не меньше 80	91-122
Сев. субтропический (центр. часть)	8	147	106-122
Южный субтропический	20	97	96-125
Восточный экваториальный	15	50	33-52
Центральный экваториальный	24	87	111-136
Атлантический океан (ю-в часть)	67	34	24-44

### 3.1.5. ЗООПЛАНКТОН

#### Типы зоопланктона

**Микропланктон** — организмы размером 20-200 мкм — сюда входят некоторые копеподы, коловратки и другой зоопланктон.

**Мезопланктон** — организмы размером 200 мкм -2 мм, в том числе личинки ракообразных.

**Макропланктон** — организмы размером 2-20 мм, которые включают эвфаузиевых (например, криль — важный источник пищи для многих организмов, включая усатых китов).

**Микронектон** — организмы размером 20-200 мм. Примеры включают некоторых эвфаузиевых и головоногих моллюсков.

**Мегапланктон** — планктонные организмы размером более 200 мм, в том числе медузы и сальпы.

**Голопланктон** — организмы, которые являются планктонными на протяжении всей их жизни — например, копеподы.

**Меропланктон** — организмы, которые имеют планктонную стадию жизненного цикла, но вырастают из нее в какой-то момент, к примеру, рыбы и ракообразные.

На рис. 35 показано распределение зоопланктона в акватории Мирового океана.

Биомасса **мезопланктона** повсюду с глубиной быстро убывает, причем **соотношение между количеством его в поверхностных и глубинных слоях** практически постоянно во всех районах Мирового океана: планктон слоя 0—500 м составляет около **65%** общего количества его в слое 0—4000 метров. Как показано М. Е. Виноградовым (1968, 1976), интенсивность уменьшения биомассы с глубиной имеет неравномерный характер. Выделяются разделенные градиентными зонами участки с поверхностным, среднеглубинным и абиссальным типами количественного распределения мезопланктона. Границы этих участков в **тропических водах** занимают более высокое положение (на глубинах 100—200 м и 1500—2500 м), чем в **средних широтах** (от 500—750 до 1000 м и на 2500—3500 м).

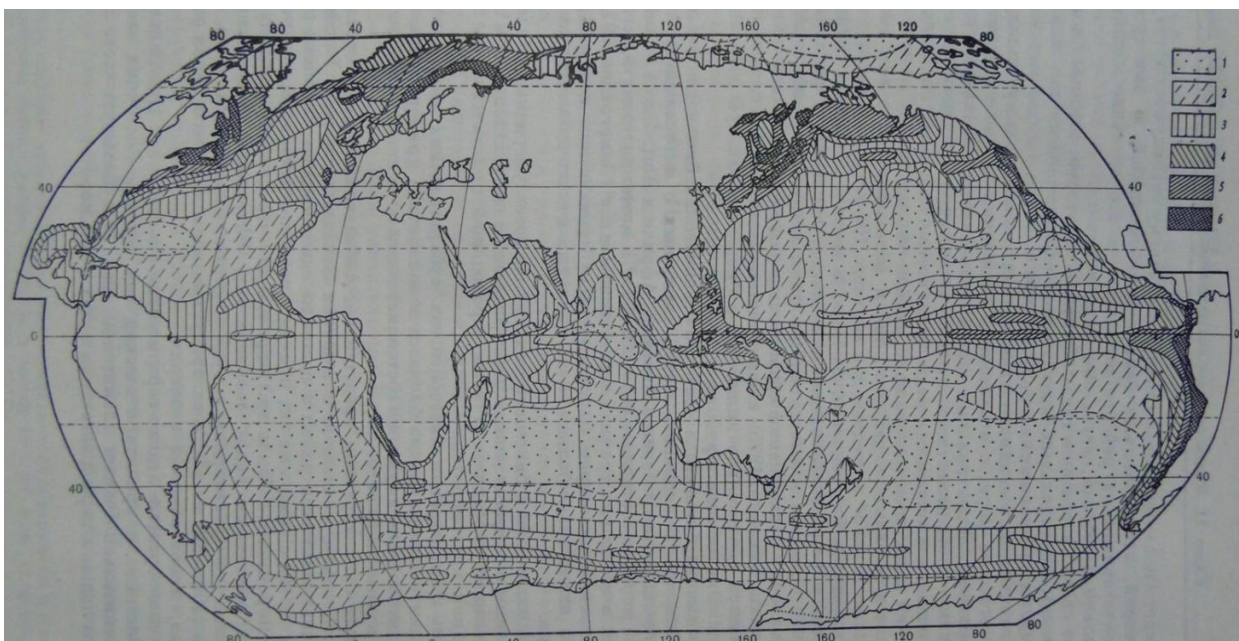


Рис. 35. Распределение биомассы сетного зоопланктона ( $\text{мг/м}^3$ ) в верхнем 100-метровом слое океана (по В.Г. Богорову и др., 1968)

1-менее 25; 2 – 25–50; 3 – 50–100; 4 – 100–200; 5 – 200–500; 6 – более 500  $\text{мг/м}^3$

Наибольшие концентрации **макропланктона** приходятся на средние глубины (от 500 до 1500—2000 м). При этом в **олиготрофных тропических** районах (центральные круговороты) максимум биомассы приходится на слои 500—1000 м (около 25% общей биомассы планктона). В **более продуктивных участках тропической зоны**, в частности у экватора, макропланктона много на глубинах от 200 до 2000 м, а наибольшая биомасса (до 74% общей) отмечается в слое 1000—2000 метров. В **субполярных** районах наибольшее количество макропланктона находится в слое 500—1000 м, но его доля максимальна на глубинах 2000—3000 м (до 11% биомассы).

Приведенные цифры были получены для Тихого океана (Виноградов, 1968), но они, несомненно, характеризуют и общие закономерности вертикального распределения макропланктона.

Одна из важнейших экологических особенностей **тропического макропланктона** — **суточные вертикальные миграции**, особенно характерные для мезопелагических ракообразных, головоногих моллюсков и рыб. В результате вертикальных перемещений этих животных **дважды в сутки** (утром и вечером) происходят кардинальные перестройки количественного распределения планктона (рис. 36). В ночное время наблюдаются два или три максимума биомассы макропланктона — у поверхности воды, у верхней границы главного термоклина и в нижней части мезопелагиали (последний образуется за счет немигрирующих организмов). Днем все мигранты уходят вниз, и существует только один максимум биомассы (Парин и др., 1977).

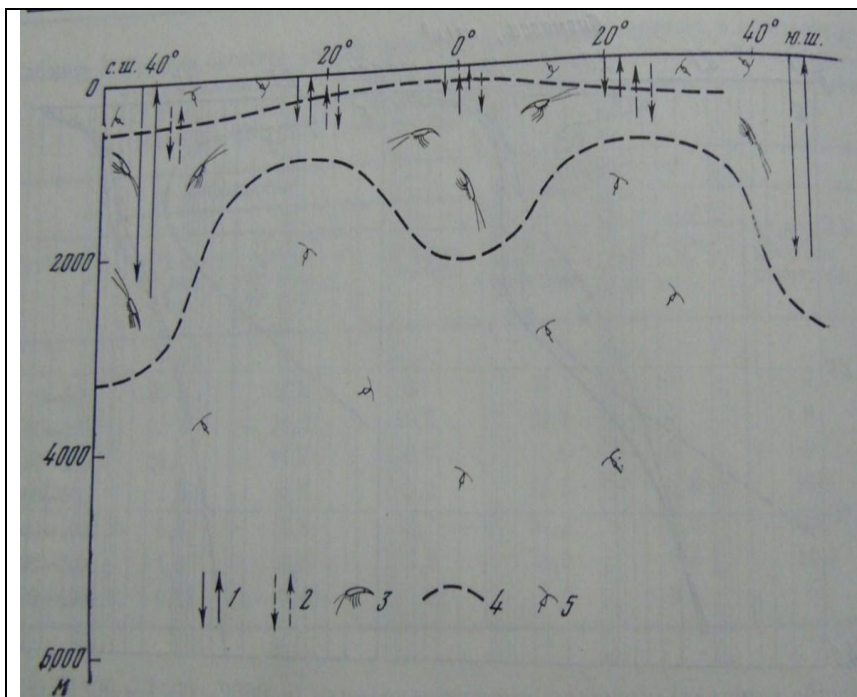


Рис. 36. Схема распределения мезо- и макропланктона на меридиональном разрезе через океан

1 – амплитуда суточных или сезонных миграций мезопланктона;  
 2 – амплитуда суточных миграций макропланктона (по эхолотным записям);  
 3 – зона концентрации макропланктона;  
 4 – граница зоны концентрации макропланктона;  
 5 – зона господства мезопланктона

### 3.1.6. БЕНТОС

Большей частью представлен прикрепленными или медленно передвигающимися или роющими в грунте животными (**зообентос**). На мелководье он состоит из организмов, синтезирующих органическое вещество (продуценты – **фиобентос**), потребляющих (консументы) и разрушающих его (редуценты). На глубинах, где нет света, фитобентос (продуценты) отсутствует.

Бентос по размеру классифицируют на:

макробентос, > 1 мм.

мейобентос, < 1 мм и > 32 мкм

микробентос, < 32 мкм

**В морском зообентосе доминируют:**

- |                     |             |
|---------------------|-------------|
| - фораминифоры,     | - полихеты, |
| - губки,            | - моллюски, |
| - кишечнополостные, | - иглокожие |
| - нематоды,         | - асцидии,  |
| - плеченогие,       | - рыбы      |

Более многочисленны бентосные формы на мелководьях. Их общая биомасса здесь может достигать десятков килограммов на 1 кв. м.

В морской гидробиологии используют термин «**обрастание**» для сообществ организмов, развивающихся исключительно на искусственных субстратах и рассматривают его составной частью бентоса. Г. Б. Зевин (1972) не разграничивались обрастания на естественных и искусственных субстратах, но преимущественное значение придавалось прикрепленным организмам (рис. 37), подвижным же отводилась второстепенная роль, в этом состояло главное отличие обрастаний от бентоса. Ряд авторов (Серавин и др., 1985) предложили обозначить термином «обрастание» процесс заселения организмами любых новых, еще не занятых площадей твердых субстратов как

естественных, так и искусственных. Они считают этот термин универсальным для морских и пресноводных сообществ.



Рис. 37. Примеры обрастаний

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Особенности вертикального распределения фитопланктона. Пикноклин и его роль в формировании пространственной структуры фитопланктона?
2. Горизонтальное распределение фито- и зоопланктона в Мировом океане.
3. Размерная классификация планктона и бентоса.
4. Обрастания и их роль в морской экосистеме.



## 3.2. МОРЯ

**Море** – это часть Мирового океана, обособленная сушей или возвышениями подводного рельефа. Море отличается от океана также:

- гидрологическим,
- метеорологическим
- климатическим режимом,

что связано с их

- окраинным положением относительно океанов, и
- замедленным водообменом из-за ограниченности связи с открытой частью

*У различных авторов, в частности, в Библии, морями может называться любое большое водное пространство (реки, озёра, заливы); например, Египетское море в Библии по разным предположениям обозначает или реку Нил; кроме того, там называется морем река Евфрат.*

*В толковом словаре Даля море определяется как скопление горько-солёных вод в обширных впадинах или разломах земной поверхности. Таким образом, морем называют все эти произвольно разграниченные воды в противоположность земле (суше, материку).*

*Менее законно это название придаётся мелким морям или пресным озёрам (например, Каспий, Арал, Байкал – «Славное море – священный Байкал»). Кроме того, иногда морем обозначают бездну или пропасть, необъятность.*

Обычно моря сообщаются с океаном посредством проливов (например, Средиземное, Чёрное и другие). Моря также отделяют друг от друга в соответствии с их флорой и фауной (например, Эгейское море находится в Средиземном море). Для фауны морей характерно наличие эндемиков.

По степени обособленности и особенностям гидрологического режима моря подразделяются на 3 группы:

- внутренние моря,
- окраинные моря, и
- межостровные моря.

### 3.2.1. Внутренние (средиземные) моря

**Внутренние моря** – моря, большей частью закрытые от сообщения с океаном, которым присущ ограниченный (по сравнению с окраинными морями) водообмен с Мировым океаном (рис. 38). Площадь водосборной территории большинства внутренних морей намного превышает таковую самих морей (рис. 39).

В некоторых внутренних морях глубина пролива, соединяющего их с океаном, небольшая, что ограничивает глубоководные течения, которые приводят к смешению глубинных вод.

С геологической точки зрения современные моря – молодые образования. В очертаниях, близких к современным, они все определились в палеоген-неогеновое время, и окончательно оформились в антропогене. Наиболее глубокие моря (например, Средиземное море) образованы в местах крупных разломов земной коры, а мелкие моря возникли при затоплении окраинных частей материков водами Мирового океана и располагаются обычно на материковой отмели.



Рис. 38. Средиземное и Бадтийское моря



Рис. 39. Бассейн (водосборная территория) Чёрного моря

### 3.2.2. Окра́инные моря

**Окра́инное море** – прилегающее к материку море, слабо отделённое полуостровами и островами от океана (рис. 40). К окраинным относят в основном моря, расположенные на шельфе и материковом склоне и редко включающие глубоководные области.

На характер донных отложений, климатический и гидрологический режимы, органическую жизнь сильное влияние оказывает не только материк, но и океан

К окраинным относят моря:

- Норвежское,
- Карское,
- Лаптевых,
- Восточно-Сибирское,
- Чукотское,
- Беллингаузена,
- Баренцево,
- Японское.



Рис. 40. Море Лаптевых и Восточно-Сибирское море

### 3.2.3. Межостровные моря

**Межостровные моря** – моря, окруженные более или менее плотным кольцом островов, пороги между которыми препятствуют свободному водообмену этих морей с открытой частью океана. Большинство межостровных морей находятся среди островов Малайского архипелага (рис. 41).



Рис. 41. Межостровные моря Малайского архипелага

Не относится ни к одной из перечисленных категорий Саргассово море – море без берегов. Саргассово море – район циклонического круговорота вод в Атлантическом океане, ограниченный течениями: на западе – Гольфстримом, на севере – Северо-



Атлантическим, на востоке – Канарским, на юге – Северным Пассатным (рис. 42). Это море (около 6 млн км<sup>2</sup>) почти всё покрыто саргассовыми водорослями.

В таблице 4 представлены данные о площади поверхности самых больших морей.

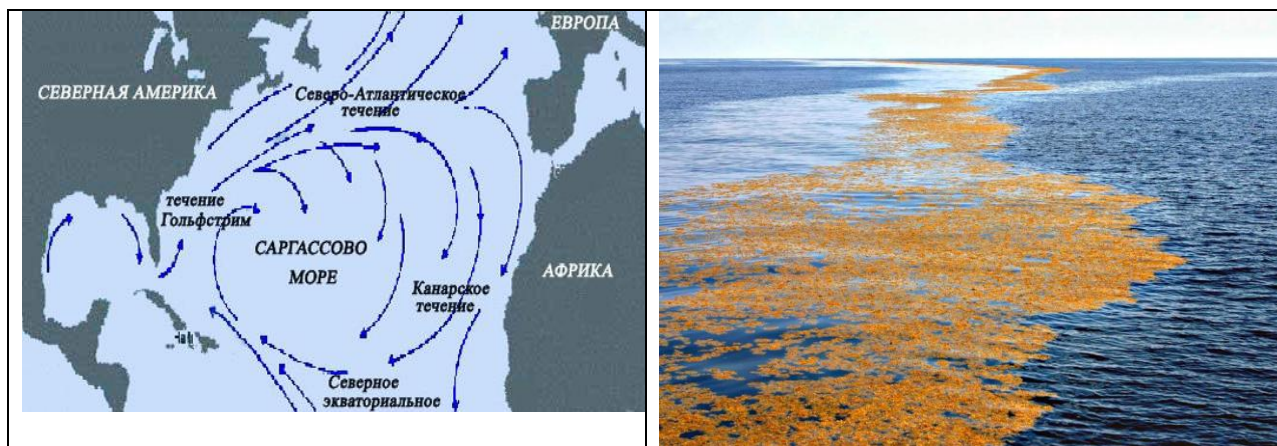


Рис. 42. Саргассово море и саргассовые водоросли.

Табл. 4. Площади поверхности самых больших морей

No.	Море	Площадь поверхности (тыс. км <sup>2</sup> )
1	Саргассово море	Около 6000
2	Филиппинское море	5726
3	Коралловое море	4791
4	Аравийское море	3862
5	Южно-Китайское море	3500
6	Море Уэдделла	2800
7	Карибское море	2754
8	Средиземное море	2500
9	Тасманово море	2330
10	Берингово море	2260
11	Бенгальский залив	2172

### 3.2.4. Классификация морей по температуре и солёности поверхностных вод

Существует также классификация морей в зависимости от температуры их поверхностных вод:

- тропические моря,
- моря умеренной зоны,
- полярные моря.

По степени солёности различают

- сильносолёные и
- слабосолёные моря.

**Сильносолёные моря** – моря, имеющие большую, чем в океане, солёность благодаря активному испарению, и их водообмен заключается в оттоке более солёной морской воды в нижние слои, и притоке более пресной воды в поверхностные слои через проливы из океана. Пример такого моря – Красное море.

**Слабосолёные моря** – моря, имеющие меньшую, чем океан, солёность благодаря тому, что приток пресной воды со стоком рек и осадками не компенсируется испарением. В этом случае водообмен заключается в оттоке менее солёной морской воды в поверхностные слои и притоке более солёной воды в придонные слои через проливы. В таких бассейнах часто водообмен с придонными слоями недостаточен для поддержания необходимого для существования большинства биологических видов содержания кислорода. Пример такого моря – Чёрное море.

**Меромиктический водоём** – (от др.-греч. μέρος ‘часть’ и μίξις ‘смешение’) водоём, в котором практически отсутствует циркуляция воды между слоями различной минерализации, разделёнными так называемым хемоклином, вследствие чего вода нижнего слоя более минерализованная и плотная, чем в верхнем слое (рис. 43).

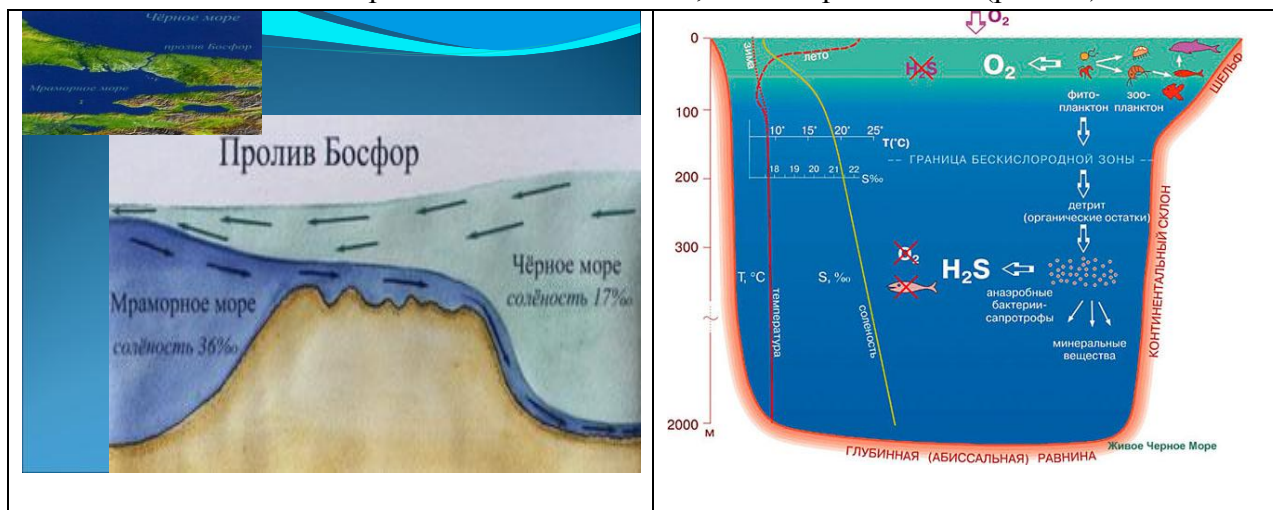


Рис. 43. Чёрное море – меромиктический водоём

### 3.2.5. Береговая линия

Для береговой линии морей характерно наличие заливов, лагун, бухт, эстуариев впадающих рек, полуостровов, кос, лиманов, пляжей или клифов и других форм рельефа.

**Залив** – это часть моря, глубоко вдающаяся в сушу, но имеющая свободный водообмен с основной частью моря. Гидрологические и гидрохимические условия залива тождественны с условиями моря, частью которого они являются. В отдельных случаях местные особенности климата и материковый сток могут придавать гидрологическим характеристикам поверхностного слоя заливов некоторые специфические черты.

В зависимости от рельефа берегов и других географических условий заливы подразделяют на несколько видов:

**Бухта** — небольшая часть моря, отделённая от открытых вод с трёх сторон частями суши (выступами берегов, скалами и близлежащими островами) и защищённая ими от волн и ветра. Большинство небольших бухт образуются в мягких скальных грунтах или глинах, вымытых волнами. Примерами бухт могут быть Севастопольская и Балаклавская бухты в Чёрном море, бухта Золотой Рог в Японском море. Небольшая бухта может быть в составе большей бухты, как, например, Южная бухта в составе Севастопольской бухты.

**Фьорд** – длинный, узкий морской залив, часто простирается далеко внутрь побережья. Фьорд образуется в результате затопления морем долины бывшего ледника. Многие фьорды очень глубокие – они формировались, когда ледники своим весом раздавливали долины, а затем долины затапливались морем. Обычно длина фьорда в несколько раз больше его ширины. Примерами типичных фьордов могут быть фьорды Норвежского моря (рис. 44).

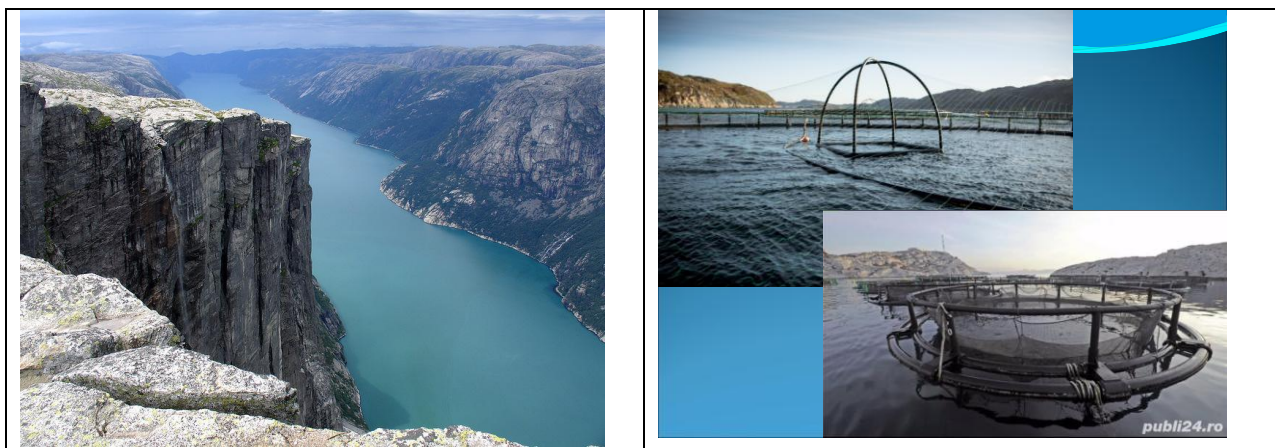


Рис. 44. Фьорды Норвежского моря

**Губа** – распространённое на севере России название залива, глубоко врезающегося в сушу (например, Невская в Финском заливе, Обская в Карском море) (рис. 45).

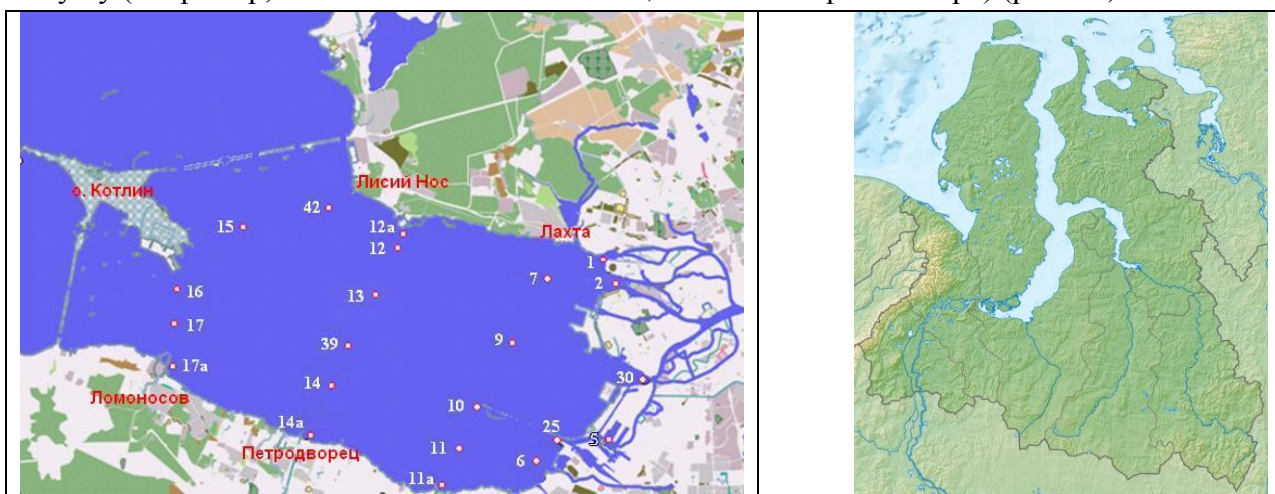


Рис. 45. Невская и Обская губы

**Эстуарий** – однорукавное, воронкообразное устье реки, которая впадает в море. Эстуарий образуется когда море затапливает устье реки, а приливно-отливные явления выносят осадочные породы в море и не дают эстуарию заполниться и превратиться в дельту. Это происходит когда прилегающая к эстуарию часть моря имеет большую



глубину. Эстуарии образуют такие реки, как Амазонка (Атлантический океан), Темза (Северное море) (рис. 46).

**Лиман** – залив, отграниченный от моря песчаной косой (пересыпью). Чаще лиман – это затопленная часть ближайшего к морю участка речной долины (например, Днепровский, Днестровский лиманы на побережье Чёрного моря). Различают *лиманы открытого типа* (эстуарного типа), обладающие постоянным водообменом с морем, и *закрытого типа* (лагунного типа) – отделённые от моря песчаной косой, пересыпью. На гидрологический режим лимана в значительной степени оказывает влияние река, которая в него впадает.

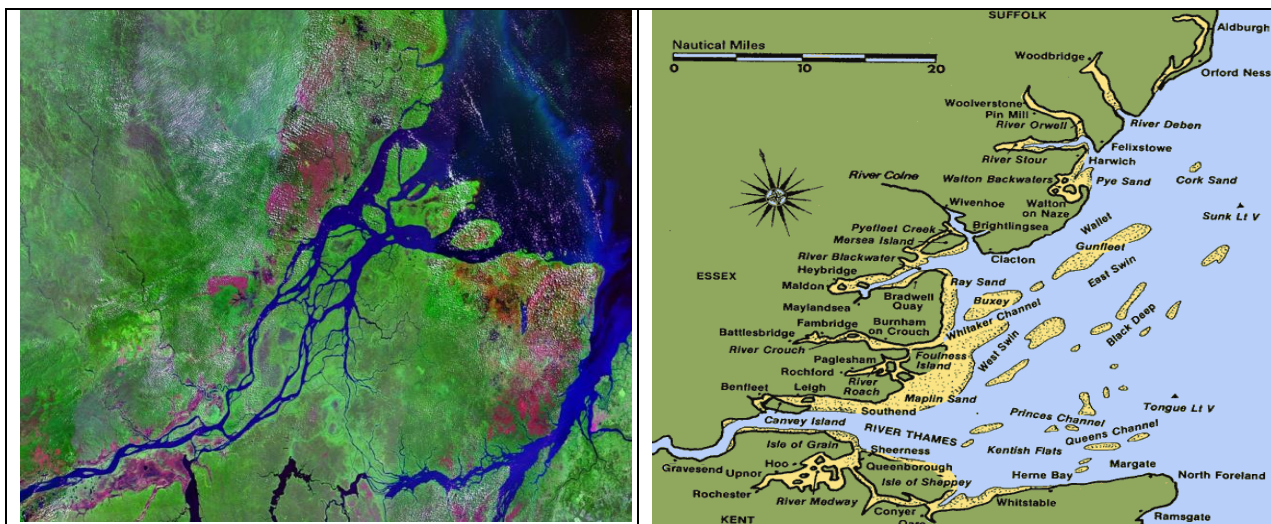


Рис. 46. Эстуарии Амазонки и Темзы

**Лагуна** – мелководная часть моря, отделённая от него баром, косой, коралловым рифом и часто соединена с ним узким проливом (рис. 47). От других заливов лагуны отличаются большей степенью изолированности от моря. Часто встречаются внутри атоллов (например, атоллы Киритимати, Кваджалейн).



Рис. 47. Примеры лагун **Вопросы для самоконтроля:**

1. Классификация морей по их положению относительно континентов.
2. Классификация морей по температуре и солёности
3. Меромиктические водоёмы. Чёрное море как меромиктический водоём
4. Фьорды, губы, эстуарии и лиманы.

**В 1978 году Международная морская организация учредила Всемирный день моря. Этот день входит в систему всемирных и международных дней ООН.**

С 1997 года 31 октября  
отмечается как  
Международный день  
Черного моря



### 3.3. ОЗЁРА

**Озеро** – компонент гидросферы, представляющий собой естественно возникший водоём, заполненный в пределах озёрной чаши (озёрного ложа) водой и не имеющий непосредственного соединения с морем (океаном). Озёра являются предметом изучения науки **лимнологии**. Всего в мире насчитывается около 5 млн. озёр. Общая площадь озёр земного шара составляет около 1,8 % суши (примерно 2,7 млн км<sup>2</sup>). В табл. 5 представлены данные о размерах крупнейших озёр мира, а на рис. 48 – положение некоторых озёр относительно уровня моря.

Табл. 5. Крупнейшие озёра

Название	Площадь, кв.км	Макс. протяжённость, км	Макс. глубина, м	Макс. объём, куб.км
Каспийское море-озеро	371 000	1199	1025	78200
Верхнее	82 414	616	406	12 100
Виктория	69 485	322	84	2 750
Гурон	59 600	332	229	3 540
Мичиган	58 000	494	281	4 900
Танганьика	32 893	676	1 470	18 900
Байкал	31 500	636	1 637	23 600
Малави	29 600	584	706	8 400
Б.Медвежье	31 080	373	446	2 236
Б.Невольничье	28 930	480	614	2 090
Эри	25 719	388	64	489

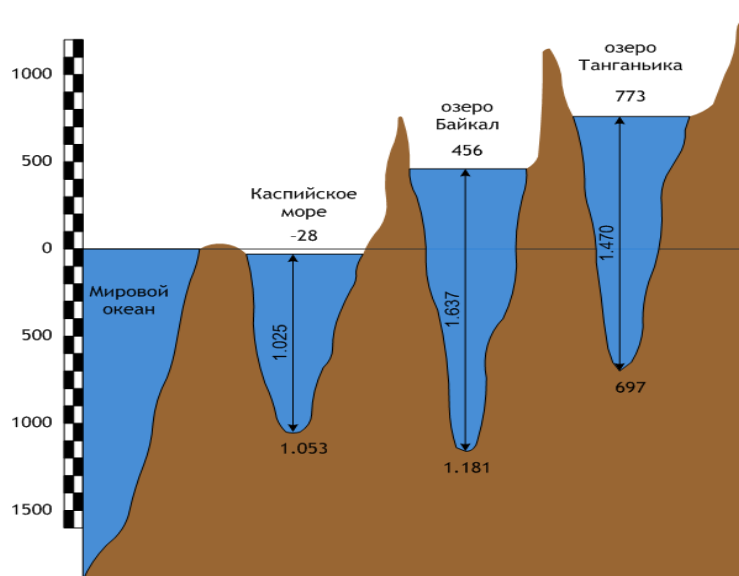


Рис. 48. Положение некоторых озёр относительно уровня Мирового океана

#### 3.3.1. Классификация озёр

**Тектонические** озерные котловины образуются в результате образования трещин, разломов и опусканий земной коры. Ярким примером тектонического озера является озеро Байкал.



**Карстовые** (провальные, термокарстовые). Особенностью некоторых карстовых озёр является их периодическое исчезновение и появление, зависящие от своеобразной динамики подземных вод. Типичный представитель — озеро Эрцо в Южной Осетии.

Это озеро известно своей аномальной способностью исчезать каждые 5-6 лет. Недаром оно называют озером-призраком. С научной точки зрения этот процесс легко объясним, под озером, скорее всего, находятся карстовые пещеры, куда и утекает вся вода время от времени.

**Горные озёра:** расположены в горных котловинах. К горным озерам относят и так называемые **завальные озера**. Они образуются **при землетрясениях**, когда обвалы перекрывают русла рек и в образовавшейся котловине начинает накапливаться вода. Именно так на Памире появилось глубоководное Сарезское озеро – тоже одно из красивейших на планете.

Довольно часто озера «формируют» при своем **движении ледники**. Они медленно сползают с гор и перекрывают русла рек. Конечно, потом лед постепенно тает. Но особенность в том, что **ледник при сползании впереди себя «нагребает» огромное скопище камней**. Осев в русле реки, они становятся **плотиной**, которую сама река укрепляет выносимым грунтом и мелким щебнем. Так появилось, скажем, в Чили озеро Годос лос Сантос.

А вообще ледниковых горных озер очень много.

**Кратерные озёра:** расположены в кратерах потухших вулканов и трубок взрыва. В Европе подобные озёра находятся в области Айфель (Германия). Возле них наблюдаются слабые проявления вулканической деятельности в виде горячих источников.

**Завальные озёра** — тип озёр, котловина которых возникла в результате перекрытия русла горных рек. Такие перекрытия могут быть связаны с катастрофическими событиями, например сильными землетрясениями. Представляют опасность неконтролируемым прорывом в нижележащие области, угрожая смывом и затоплением населённых мест. Другое название, встречающееся в отечественной литературе, — **«подпрудные»**, то есть возникшие в результате подпруживания, запруживания.

**Ледниковые озёра:** образуются тающим ледником. Разновидностью ледниковых озёр являются моренные.

**Пойменные озёра** — замкнутые водоемы; представляют собой отчленившиеся участки главного русла реки. Обычно имеют продолговатую или извилистую форму.

Различают также озёра сточные и бессточные. **Сточными** - озера, в которые реки втекают и вытекают. Такие озера имеет постоянный сток в течение всего года. Они обычно бывают пресными. **Бессточное** озеро не имеет поверхностного стока или подземного отвода воды, её расход происходит за счет испарения, поэтому нередко вода в них солоноватая (а Мёртвое море гиперсолёное).

Как правило в озёрах формируются заросли макрофитов, представленных в основном высшими (цветковыми) растениями (рис. 49,50).



Рис. 49. Вертикальная зональность озера и закономерности его зарастания

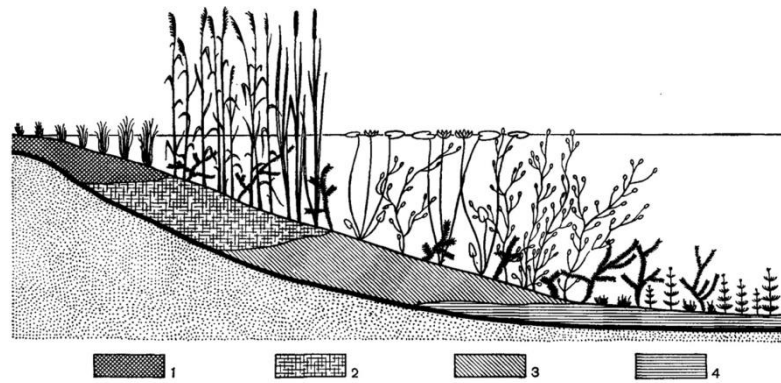


Рис. 50 Схема зарастания озера. Растительность (начиная от берега): осоки, тростник, рогоз и камыш с погруженными растениями во втором ярусе, кувшинка, кубышка и др. растения с плавающими листьями, рдесты и др. погруженные растения, донные водоросли  
1 – осоковый торф; 2 – тростниковый и камышовый торф; 3 – сапропелевый торф; 4 – сапроелит

Прогрессирующее зарастание ведёт к превращению его в болото, а затем и в луг или даже лес (рис. 51).

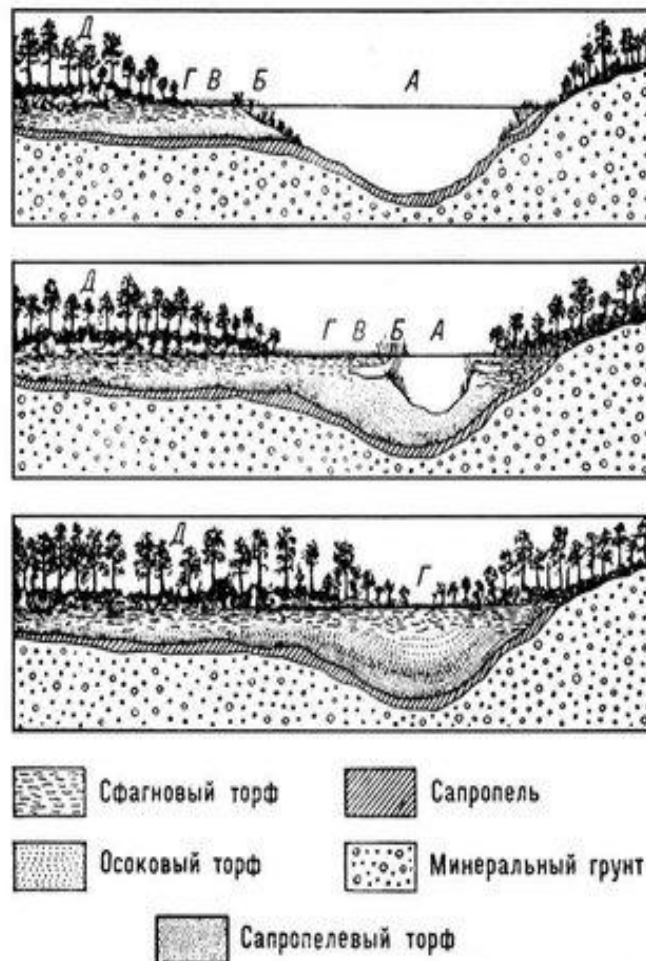


Рис. 51. Схема превращения озера в лесную экосистему

**Цветение воды** – массовое развитие (вспышка) фитопланктона, вызывающее изменение окраски воды. Зеленые и сине-зеленые водоросли вызывают **зеленое цветение**, диатомовые – **желтовато-бурое**. Цветение фитопланктоном – это процесс, обусловленный значительным (обычно гораздо выше нормы) увеличением концентрации минеральных

питательных веществ (содержат азот, фосфор, калий и др.), поступающих в водоемы с водосборной площади.

Наиболее характерной группой водорослей, чаще всего вызывающей цветение воды пресных водоемов в Северном полушарии, являются **сине-зеленые** (виды родов *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* и др.), а в Южном — **диатомовые**.

Способность сине-зеленых водорослей к быстрому размножению связана прежде всего с их выносливостью:

- к экстремальным температурам и концентрациям солей,
- низкому содержанию биогенов,
- слабой освещенности,
- наличию сероводорода,
- малому количеству кислорода;

способностью к миксотрофному и хемогетеротрофному питанию, помимо обычного фототрофного, а также способностью многих из них к фиксации азота.

Во время массового развития сине-зеленых водорослей образуются характерные “пятна цветения”. При этом их биомасса колеблется в пределах 10—100 мг/л. Затем наступает фаза массового отмирания, в результате чего резко ухудшается качество воды: появляется дефицит кислорода, в воде в необычно большом количестве накапливаются токсичные метаболиты, что приводит к деградации экосистем, катастрофам и др.; в конечном итоге вода становится непригодной для обитания животных и использования людьми. Цветение воды определяют по биомассе водорослей:

- слабое — 0,5—0,9 мг/л;
- умеренное — 1,0—9,9;
- интенсивное — 10,0—99,9;
- гиперцветение — более 100 мг/л.

Цветение воды вызывается и поступлением в воду органических загрязнителей, содержащих большое количество фосфора, азота и др.

Для пресноводных водоёмов, в частности озёр, характерны такие уровни первичной продукции:

Олиготрофный водоём – максимальная первичная продукция планктона составляет 0,1-0,3 мгС/л в сутки

Мезотрофный водоём –0,3-0,7 мгС/л в сутки

Эвтрофный водоём –0,7-2,0 мгС/л в сутки

### 3.3.2. Использование озёр

- Водоснабжение
- Судходство
- Рыболовство и рыбоводство
- Источники ценного сырья (соли, сапропеля...)
- Места отдыха (санатории, пансионаты)

#### Вопросы для самоконтроля:

1. Типы озёр в зависимости от их происхождения
2. Вертикальная зональность озёр.
3. Цветение воды фитопланктоном. Массовые формы фитопланктона, вызывающих цветение.

### 3.4. РЕКИ

**Река́** — природный водный поток (водоток) значительных размеров с естественным течением по руслу (выработанному им естественному углублению) от истока вниз до устья и питающийся за счёт поверхностного и подземного стока с его бассейна. Реки являются составной частью гидрологического цикла. Вода в реке, как правило, собирается с поверхностных стоков, образующихся в результате атмосферных осадков с определённой площади, ограниченной водоразделом (бассейн реки), а также из других источников, например запасов подземных вод, влаги, хранящейся в естественном льду (в процессе таяния ледников) и снеговом покрове.

В каждой реке различают место её зарождения — **исток** и место (участок) впадения в море, озеро или слияния с другой рекой — **устье**.

Реки, непосредственно впадающие в океаны, моря, озёра или теряющиеся в песках и болотах, называются **главными**; впадающие в главные реки — **притоками**.

Главная река со всеми её притоками образует **речную систему**, характеризующуюся густотой.

Поверхность суши, с которой речная система собирает свои воды, называется **водосбором**, или водосборной площадью, или **речным бассейном**. Водосборная площадь вместе с верхними слоями земной коры включает в себя данную речную систему и отделяется от других речных систем **водоразделами**.

Реки, непосредственно впадающие в океаны, моря, озёра или теряющиеся в песках и болотах, называются **главными**; впадающие в главные реки — **притоками**.

Главная река со всеми её притоками образует **речную систему**, характеризующуюся густотой.

**Пойма** — часть **речной долины**, затопляемая в **половодье** или во время **паводков**. Ширина пойм равнинных рек может равняться ширине **русла** и достигать до нескольких десятков ширин русла, иногда достигая 40 км. Участки бывшей поймы, которые находятся выше уровня современного поднятия вод в половодье или паводок, называются **террасами** (рис. 52).

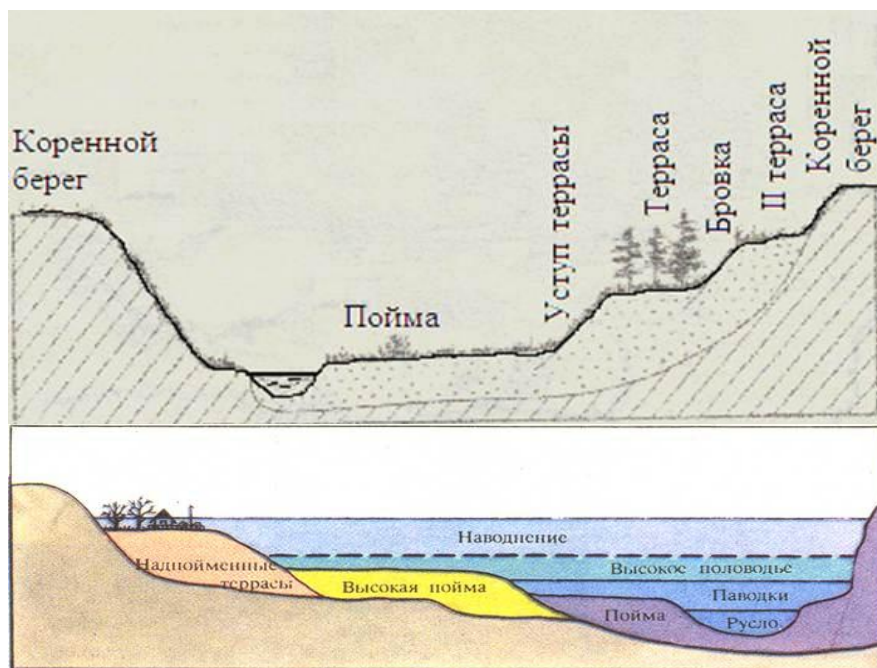


Рис. 52. Строение речной долины

При разливе река выносит на пойму **наносы**, которые, отлагаясь, обычно постепенно **повышают уровень** её поверхности. Одновременно с **аккумуляцией** (отложением наносов) на поверхности поймы происходит непрерывный **подмыв её берегов** речным потоком на одних участках и наращивание **пляжей** в других местах, вследствие чего контуры поймы постоянно изменяются.

Почвы пойм, постоянно пополняемые приносимым рекой **илом**, очень плодородны. Значительную роль в формировании рельефа поймы играет **растительность**, закрепляющая поверхность поймы и способствующая накоплению наносов. При культурном освоении большая часть поймы занята **заливными лугами**, которые относятся к лучшим кормовым угодьям.

В период затопления поймы представляют собой **нерестилище**, что имеет большое значение для **рыбного хозяйства**.

### 3.4.1. Русло и русловые процессы

Система петлеобразных изгибов (излучин) естественного происхождения, составляющих ложе реки. Термин происходит от названия сильно петливой реки Меандр в современной Турции. Меандры образуются из-за того, что поток воды при своем движении обходит все неподдающиеся размыву препятствия, такие как выходы твердых пород. После того, как система меандр образовалась, ее сохранению способствует постоянный размыв почвы речной водой (эрозия). На внутренней стороне изгиба скапливаются отложения, из которых позднее образуется пойма.

Образование меандр распространяется, как правило, вниз по течению реки.

Иногда петли меандра смыкаются в кольцо и, после того как отложения отделяют их от реки, превращаются в **старицу** (рис. 53).

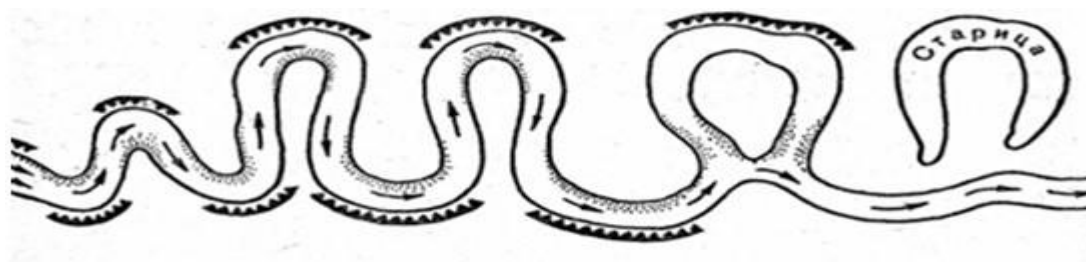


Рис. 53. Формирование меандр.

В руслах чередуются более глубокие места — **плёсы** и мелководные участки — **перекаты**. Линия наибольших глубин русла называется **тальвег**, близко к которому обычно проходит судовый ход, **фарватер**; линия наибольших скоростей течения называется **стрешнем**.

Разность высот между истоком и устьем реки называется **падением реки**. Отношение падения реки или отдельных её участков к их длине называется уклоном реки (участка) и выражается в процентах (%) или в промилле (‰).

**Исток** — место, где **водоток** (напр., **река** или **ручей**) берёт своё начало. На географической карте исток обычно представляется условной точкой. Исток обычно соответствует месту, с которого появляется **русло** постоянного водотока или место, с которого появляется постоянное **течение** воды в русле. Истоком обычно является начало ручья, получающего воду из **родника**, **конца ледника**, **озера**, **болото**.

На болотных реках за исток часто принимается точка, с которой появляется открытый поток с постоянным **руслом**.

В речной системе, имеющей большое количество истоков, **главным** считается **исток, наиболее удалённый** от устья или наиболее **многоводный**.

Нередко началом крупных рек считается место слияния двух рек, носящих разные названия.

Например,

Северная Двина образуется от слияния Сухоны и Юга,

Амур — от слияния Шилки и Аргуни,

А Обь — от слияния Бии и Катуни.

В этом случае следует говорить о гидрографической длине реки, представляющей собой сумму длин основной реки и той из её образующих, исток которой наиболее удалён от места слияния.

**Устье** — конечный участок реки, место впадения реки в водохранилище, озеро, море или другую реку. Часть реки, примыкающая к устью, может образовывать дельту или эстуарий (губа, лиман) (рис. 54). В случае, если вследствие испарения, разбора на орошение или просачивания в грунт поток воды исчезает, говорят о **слепом устье**.

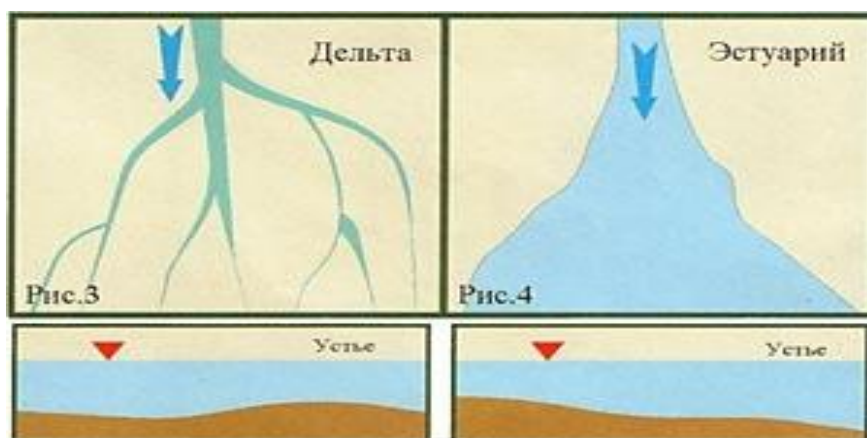


Рис. 54. Типы устьевых областей рек

**Дельта** – низменность при впадении реки в море или озеро, прорезанная сетью рукавов и протоков. Любая дельта начинается с её вершины, где река разделяется на первые магистральные рукава. Например, вершиной дельты Волги служит место деления реки на два крупных рукава – Волгу (как продолжение реки в пределах дельты) и отходящий влево рукав Бузан (рис. 55). Дельтообразование следует рассматривать как один из вариантов поймообразования.

Дельты рек, впадающих в относительно спокойные водоёмы, достигают гигантских размеров:

Ганга — 105,6 тыс. км<sup>2</sup>;

Амазонки — 100 тыс. км<sup>2</sup>;

Лены — 45,5 тыс. км<sup>2</sup>;

Меконга - 40,6 тыс. км<sup>2</sup>;

Инда — 41,4 тыс. км<sup>2</sup>;

Миссисипи - 28,6 тыс. км<sup>2</sup>;

Нила — 24 тыс. км<sup>2</sup>;

Волги — 19 тыс. км<sup>2</sup>.

### 3.4.2. Искусственные водоёмы на водотоках. Водохранилища

**Водохранилище** — искусственный (рукотворный) водоём, образованный, как правило, в долине реки водоподпорными сооружениями для накопления, как правило, части **полых вод** и хранения воды в целях её использования в народном хозяйстве.



Для водохранилищ пойменного (озёрного) типа (например, Рыбинского) характерно формирование водных масс, существенно отличных по своим физическим свойствам от свойств вод притоков.

Течения в этих водохранилищах связаны больше всего с ветрами.

Водоохранилища руслового (речного) типа (например, Запорожское) имеют вытянутую форму, течения в них, обычно, стоковые; водная масса по своим характеристикам близка к речным водам.



Рис. 55. Дельта Волги

Основными параметрами водохранилища являются объём, площадь зеркала и амплитуда колебания уровней воды в условиях его эксплуатации.

В отличие от естественных замкнутых водоёмов, которые не используются в качестве водохранилищ, в данном случае существует набор терминов, характеризующих их допустимые водные запасы и уровни уреза воды.

Уровни (рис. 56):

**нормальный подпорный уровень (НПУ)** — оптимальная наивысшая отметка водной поверхности водохранилища, которая может длительно поддерживаться подпорным сооружением;

**форсированный подпорный уровень (ФПУ)** или горизонт форсировки — отметка водной поверхности водохранилища, превышающая НПУ, который, при проектировании гидроузла с известной пропускной способностью, определяется, исходя из площади водохранилища и максимально возможного притока воды. Превышение этого уровня может привести к переливу через гребень плотины и к другим аварийным ситуациям;

**уровень мёртвого объёма (УМО)** или горизонт сработки водохранилища — отметка водной поверхности, соответствующая наибольшему опорожнению водохранилища. Рассчитывается в соответствии с условиями заиления, необходимым уровнем воды для зимовки рыб, обеспечению экологических условий, технологическими особенностями подпорных сооружений и характеристиками притока в водоём.

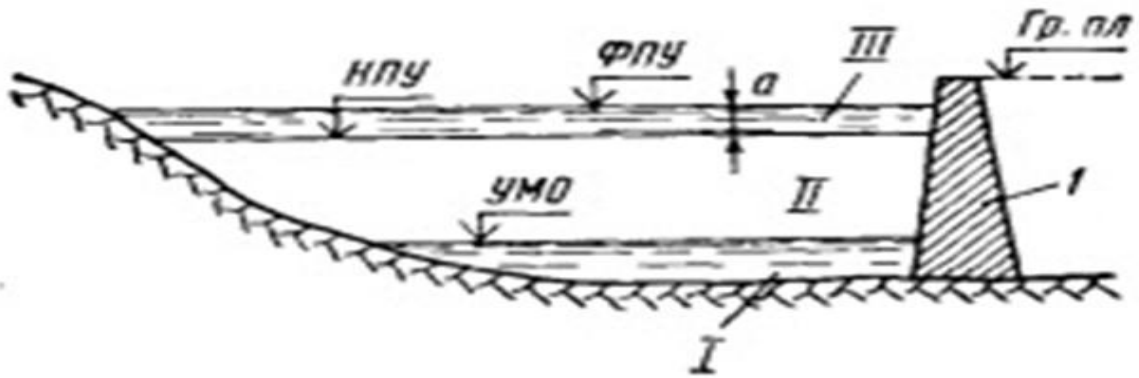


Рис.56. Характерные уровни воды в водохранилище: I – мёртвый объём, II – полезный объём, III – резервный объём

**Объёмы:**

**объём** или **полный объём водохранилища** — данная величина равна сумме мёртвого и полезного объёмов;

**ёмкость форсировки** или **регулирующая ёмкость водохранилища** — часть объёма водоёма между отметками ФПУ и НПУ, предназначенная для уменьшения максимального расхода через гидроузел во время весеннего половодья или дождевых паводков;

**полезный объём водохранилища** — часть объёма водоёма между отметками оптимального наивысшего уровня горизонта (НПУ) и уровнем максимальной сработки водоёма (УМО);

**мёртвый объём водохранилища** — объём водоёма ниже отметки горизонта сработки водохранилища (УМО).

**После зарегулирования Днепра и создания Днепровского каскада водохранилищ на их верхних на залитой пойме сложились условия, вызвавшие здесь возникновение процессов дельтообразования:**

- замедление течения воды в условиях подпора,
  - отложение аллювия в условиях замедления течения,
- массовое зарастание мелководий с соответствующими глубинами.

Таким образом, зарегулирование Днепра вызвало **изменение типа поймообразования**: вместо разрушенной мекролуговой поймы формируется пойма дельтового типа, вследствие чего основным типом ландшафтных комплексов на днепровских мелководьях становятся плавни.

Возникновение этих новых ландшафтных образований логично рассматривать как формирование на днепровских водохранилищах **вторичной поймы**.

## 3.5. БОЛОТА

**Болото** — участок ландшафта, характеризующийся избыточным увлажнением и водо- или влаголюбивым живым напочвенным покровом.

Для болота характерно отложение на поверхности грунта неполностью разложившегося органического вещества, превращающегося в дальнейшем в **торф**. Слой торфа в болотах не менее 30 см, если меньше, то это заболоченные земли.

Первые болота на Земле образовались на стыке **силура** и **девона** 350—400 млн лет назад

**Самым большим болотом на планете является пойма Амазонки**

Болота занимают около 6% суши и встречаются повсюду, от тундры до тропиков. В России значительные массивы болот распространены на севере и в центре Европейской части (в том числе в районе Москвы и Подмосковья), в Западной Сибири, на Камчатке.

В Белоруссии и в Украине болота сконцентрированы в Полесье.

**Болота подразделяют на 2 основных типа:**

низовые и

верховые

**Низовые** (низинные, эвтрофные) — тип болот с богатым водно-минеральным питанием, часто за счёт грунтовых вод. Расположены **в поймах рек, по берегам озёр**, в местах выхода ключей, **в низких местах**. Характерная растительность — ольха, берёза, осока, тростник, рогоз, зелёные мхи. В районах с **умеренным климатом** — это часто **лесные** (с берёзой и ольхой) или **травяные** (с осоками, тростником, рогозом) болота.

Травяные болота в дельтах Волги, Кубани, Дона, Дуная, Днепра называют **плавнями**, сочетаясь с протоками, озёрами, лиманами, ериками и др. микроводоёмами первичной и вторичной дельты.

В низовьях рек пустынных и полупустынных регионов (Или, Сырдарья, Амударья, Тарим и др.) заболоченные участки и их растительность называется **тугаи**.

**Верховые** (олиготрофные или дистрофные) — расположены обычно на плоских водоразделах, питаются только за счёт атмосферных осадков, где очень мало минеральных веществ, вода в них резко кислая, растительность — господствуют сфагновые мхи, много кустарничков: вереск, багульник, кассандра, голубика, клюква; растёт пушица, шейхцерия; встречаются болотные формы лиственницы и сосны, карликовые берёзки.

В свою очередь верховые болота делятся на два типа:

**Лесные** — покрыты низкой сосной, вересковыми кустарниками, сфагнумом.

**Грядово-мочажинные** — похожи на лесные, но покрыты торфяными кочками, и деревья на них практически не встречаются.

Характерной особенностью верховых болот является наличие в них мха сфагнума (сфагнум в переводе с греческого – губка). Отдельные растения мха образуют мощную дернину. Наиболее важной особенностью сфагнума является его способность сохранять невероятно много воды – в 30-40 раз больше, чем весит сам.

Сфагнум формирует на болоте особые условия. Они выражаются в следующем:

- Исключительная способность удерживать воду, что препятствует доступу кислорода к органическим отложениям, замедляя их разложение;
- Способность создавать кислую среду, препятствующую деятельности микроорганизмов;
- Содержание природных антибиотиков (сфагновых кислот).

Отмершие части мха превращаются в торф. Толщина торфа может достигать 3-4 метров (рис. 57). Торф сильно насыщен водой и почти не содержит кислорода (поэтому на болоте могут жить лишь немногие растения.)



Рис. 57. Торф – важный ресурс верховых болот

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Верховые болота: олиготрофные и дистрофные;
2. Сфагнум и его роль в экосистеме болот?
3. Низовые болота. Тростниковые и рогозовые плавни.

### Список рекомендованной литературы:

- \* Зернов С.А. Общая гидробиология. М. –Л.: Изд-во АН СССР, 1949.
- \* Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высшая школа, 1986.
- \* Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. К.: «Генеза», 2004.
- \* Протасов А.А. Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидробиологии. К.: Академперіодика, 2011.
- \* Биология океана. М.: «Наука», 1977. Т.1, Т.2;
- \* Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М.: «Наука», 1963.
- \* Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоёмов СССР. М.: «Наука», 1969.
- \* Зайцев Ю.П. Введение в экологию Черного моря./ – Одесса: «Эвен», 2006.  
([http://herba.msu.ru/shipunov/school/books/zaitsev2006\\_vved\\_v\\_ekol\\_chern\\_morja.pdf](http://herba.msu.ru/shipunov/school/books/zaitsev2006_vved_v_ekol_chern_morja.pdf))