

# Пленки и сгущения жизни

Учение о биосфере

Д.Ю.Шишкина

Тема 8

## Формы концентрации жизни

В.И. Вернадский выделял 2 формы концентрации жизни: **жизненные пленки**, прослеживаемые на огромных площадях (например, планктонная форма жизни, покрывающая всю верхнюю часть водной толщи океана), и **сгущения жизни**, имеющие более локальное распространение (сгущения стоячих водоёмов). Мощность концентраций жизни обычно измеряется единицами, десятками, значительно реже – 100-200 м, т.е. по отношению к биосфере в целом – ничтожными величинами. Остальная часть биосферы представляет собой **зону разрежения живого вещества**.

Пленки и сгущения жизни являются областями наибольшей биогенной миграции атомов и трансформации энергии в биосфере. Вся биосфера по вертикали отчетливо разделяется на 2 зоны: верхнюю, в которой происходит фотосинтез, и нижнюю, где фотосинтетические реакции невозможны. Верхняя – **фотобиосфера**, нижняя – **меланобиосфера** (от древнегреч. «мела» - темный).

# Фотобиосфера и меланобиосфера

Граница между фотобиосферой и меланобиосферой на суше почти совпадает с дневной поверхностью: свет проникает в глубь почвы лишь на несколько миллиметров. В водной среде положение границы определяется прозрачностью воды. Толщина зоны фотосинтеза изменяется от нескольких см в быстротекущих реках, несущих значительное количество ила, до первой сотни метров (максимально до 180 м) на удаленных от суши участках океана. В соответствии с этим мощность фотобиосферы колеблется от нескольких мм до первой сотни м (на суше – вверх от дневной поверхности: вековые леса, в океане – вниз от поверхности моря: зона фотосинтеза). Мощность меланобиосферы на 1-2 порядка больше; в океанах – это вся водная толща ниже зоны фотобиосферы и заселённый слой донных осадков, на континентах – слой биосферы от дневной поверхности до нижней границы распространения активной бактериальной жизни.

Коренное отличие фотобиосферы от меланобиосферы состоит в структуре их живого вещества: в первом случае оно представлено фотоавтотрофами и гетеротрофами, во втором – автотрофы отсутствуют (однако в некоторых случаях их заменяют хемоавтотрофы).

# Биогеогоризонты и экогоризонты

Фотобиосферу и меланобиосферу можно разбить по вертикали и на более дробные зоны. **Биогеоценотический горизонт** (биогеогоризонт) – вертикально обособленная и по вертикали далее нерасчленимая структурная часть биогеоценоза. Сверху донизу биогеоценотический горизонт однороден по составу биогеоценологических компонентов, по взаимосвязям их, по происходящим в нем превращениям вещества и энергии, и в этих отношениях он отличается от соседних биогеоценологических горизонтов.

В экосистемах всех рангов прослеживаются биогеогоризонты более высоких рангов – **экогоризонты**. Экогоризонты высшего, глобального ранга – фотобиосфера и меланобиосфера.

Таким образом, по горизонтали биосфера делится на экосистемы, по вертикали – на экогоризонты. Вследствие действия закон всемирного тяготения взаимозависимость между двумя соседними экогоризонтами обычно больше, чем между соседними экосистемами.

# Распределение живого вещества в Мировом океане

Мировой океан включает в себя водную толщу (*пелагиаль*) и дно (*бенталь*). Пелагиаль в пределах фотобиосферы называется *эвфотической* зоной; нижняя часть пелагиали – *афотической* зоной.

Таким образом в океане сверху вниз выделяется 3 самостоятельных экогоризонта, каждый из которых характеризуется специфическим живым веществом и условиями среды. В некоторых полузамкнутых бассейнах с затрудненной циркуляцией вод (Чёрное море) обнаруживается другой своеобразный слабо заселенный экогоризонт – зона сероводородного заражения, где прозябают только несколько видов анаэробных бактерий.

Вернадский выделил в океане 2 жизненные пленки: *планктонную* и *донную*. Обе они приурочены к границам раздела фаз: планктонная – газообразной и жидкой, донная – жидкой и твердой.

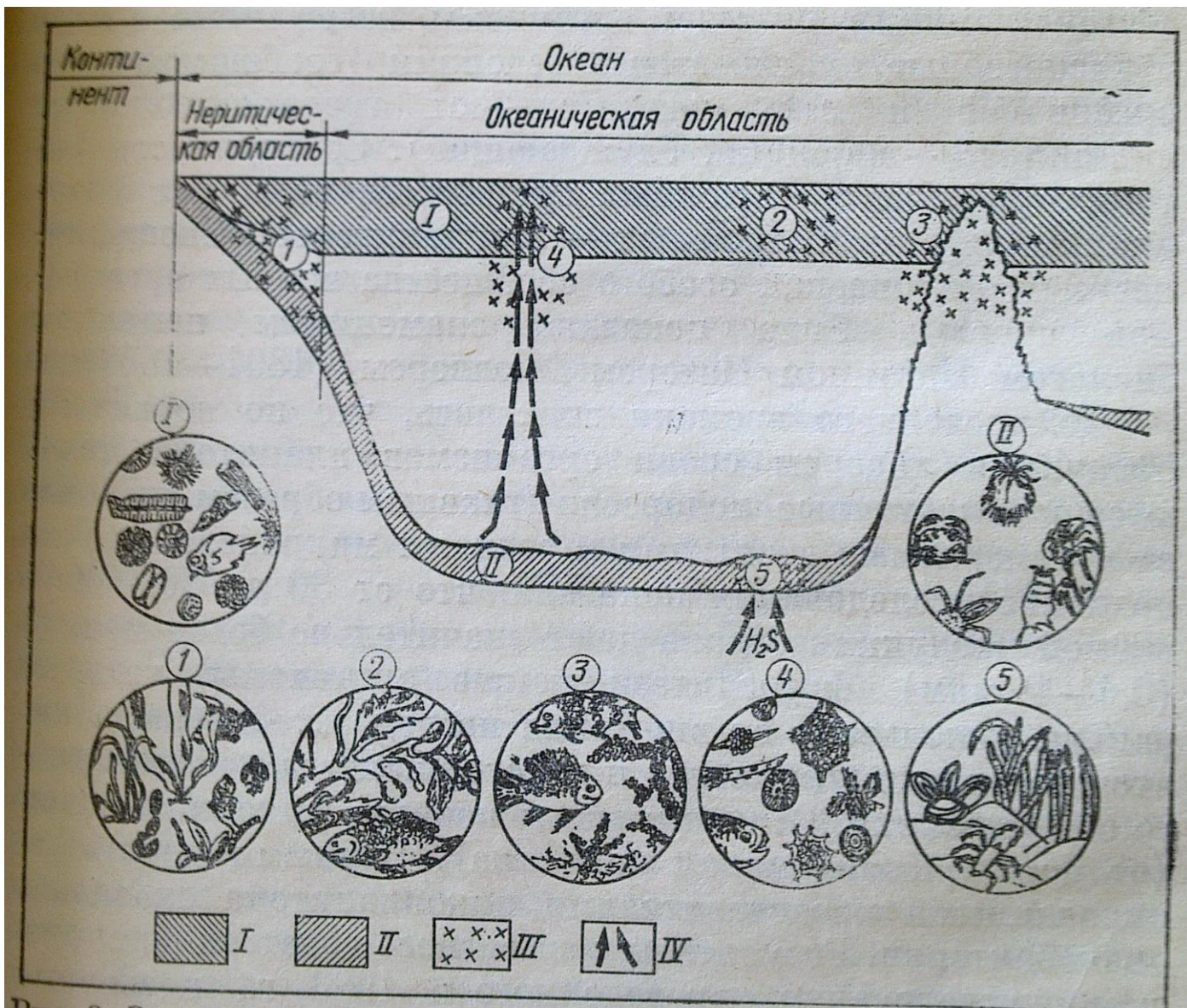


Рис. 2. Экогоризонты, концентрации и разрежения жизни Мирового океана: I — планктонная пленка жизни; II — донная пленка жизни; III — сгущения жизни; 1 — прибрежное; 2 — саргассовое; 3 — рифовое; 4 — апвеллинговое; 5 — абиссальное рифтовое; IV — подъем глубинных вод; A — разрежение жизни

# Планктонная пленка (1)

В основном соответствует эвфотической зоне океана. По составу живого вещества она резко отличается от наземных экосистем: здесь доминируют организмы, взвешенные в воде и неспособные противостоять течениям – **планктон**. Большую часть первичной продукции планктона (30-80%) дают мелкие (0,4-1 мк) фотосинтезирующие организмы – **пикопланктон**. Первыми идентифицированными представителями пикопланктона оказались цианобактерии. Максимум распределения пикопланктона приурочен к акваториям тропических и субтропических морей. Вклад пикопланктона в первичную продукцию возрастает с глубиной, поскольку организмы пикопланктона способны осуществлять фотосинтез при очень низкой интенсивности солнечного света. Кроме пикопланктона, в состав фитопланктона входят одноклеточные водоросли, главным образом, диатомовые, размером десятки-сотни мк.

## Планктонная пленка (2)

Состав зоопланктона очень разнообразен. Самыми распространенными и важными в экологическом отношении являются **копеподы** (веслоногие рачки), обычный размер которых 2-3 мм, максимальный – 10 мм. По биомассе им уступают **эвфаузииды** – несколько более крупные рачки, размером до 5 см, очень похожие на креветок. Обычно они образуют огромные скопления в океане, которые рыбаки называют **крилем**. К зоопланктону относятся также медузы, некоторые моллюски, простейшие, а также многие другие организмы (часто только в виде икры, личинок или молоди).

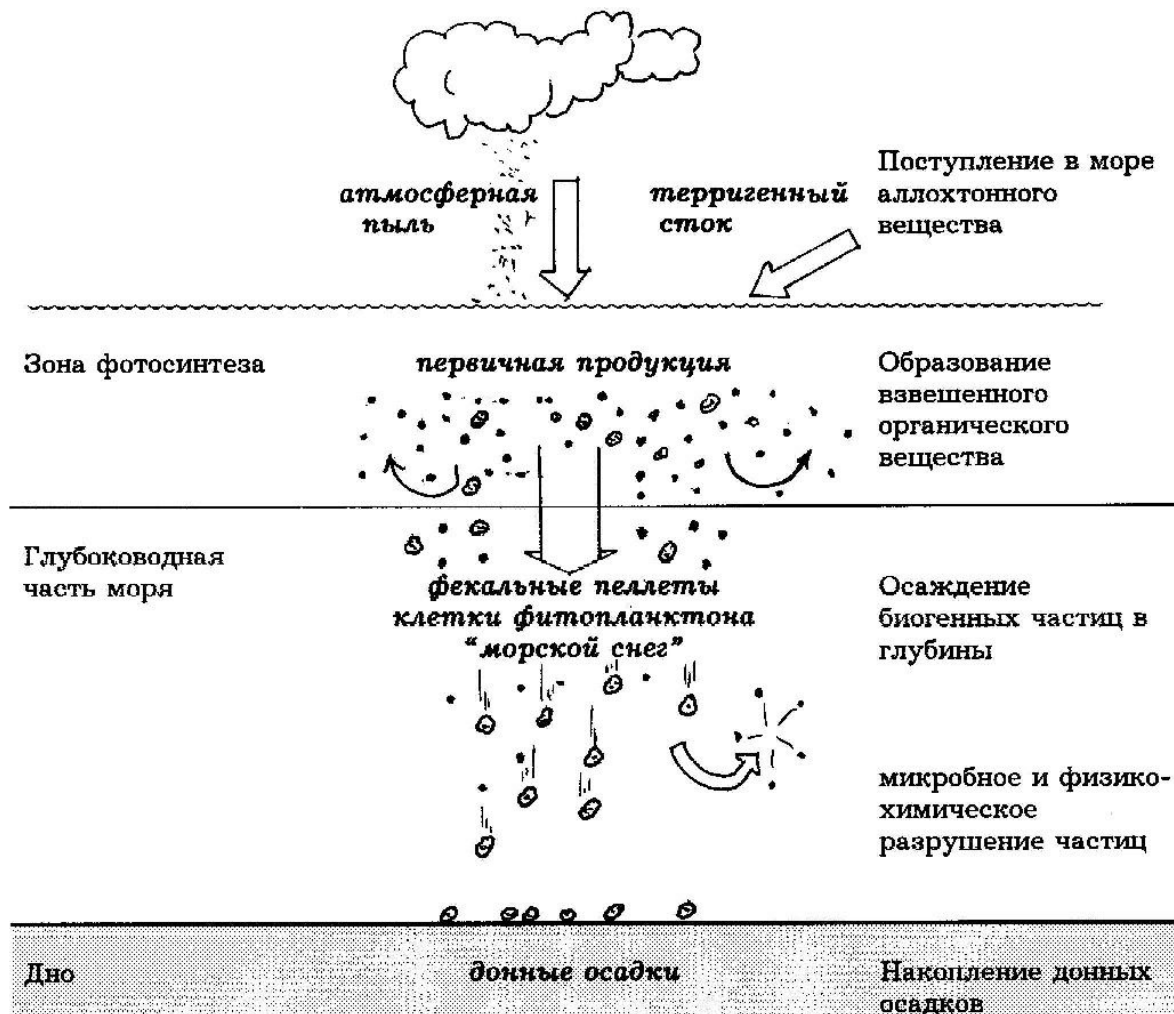
Плотность населения в планктонной пленке такова, что 90% живых организмов поедаются раньше, чем наступает их естественная смерть: рачки-копеподы питаются диатомовыми водорослями, копепод поедают более крупные рачки и т.д. Количество живых организмов в планктонной пленке быстро убывает с глубиной.

Эвфотическая зона – это огород океана. Здесь синтезируется большая часть автотрофного живого вещества океана. Оно кормит весь океан, а накопленная им энергия является источником большинства геохимических процессов, происходящих в океане. Огромна породообразующая роль планктона – он поставляет сырье для будущих горных пород. Планктонная пленка жизни продуцирует огромное количество небиогенного вещества, которое не может в ней накапливаться, а опускается под действием силы тяжести вниз, пока не достигнет дна.



# Осаждение взвешенного органического вещества в океане

[http://science.viniti.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&Itemid=139&Section=&id=318&img\\_name=b-sedim.in](http://science.viniti.ru/index.php?option=com_content&task=view&Itemid=139&Section=&id=318&img_name=b-sedim.in)



# Афотическая зона

Под планктонной пленкой располагается мощная афотическая зона «разрежения жизни». Афотическая зона превышает эвфотическую по мощности в 40 раз (средняя глубина океана 3800 м). Плотность живого вещества здесь на несколько порядков ниже, чем в эвфотической зоне. Это область вечного мрака, и собственного автотрофного живого вещества здесь нет. Гетеротрофные организмы питаются **детритом**, поступающим из планктонной пленки жизни, или являются хищниками. Детрит (мертвое органическое вещество) представлен главным образом **пеллетами** (концентрация взвешенных веществ в виде комков), которые многократно реутилизируются живыми организмами в процессе погружения. Пищевая ценность детрита при этом неуклонно снижается.

Вся водная толща представляет собой транзитную зону. В твердом виде биогенное вещество здесь не накапливается, однако содержание элементов минерального питания в растворенном виде в этой зоне выше, чем в эвфотической.

# Донная пленка

Её обитатели - бентос (от греч. «бентос» - глубина). К бентосу относится около 157 тыс. из 160 тыс. видов морских животных.

Бентос состоит из организмов, обитающих или связанных с морским дном. Они могут быть прикрепленными, сидячими (кораллы, водоросли, губки, мшанки, асцидии); роющими (кольчатые черви, моллюски); ползающими (ракообразные, иглокожие) или свободно плавающими у самого дна (брюхоногие и другие моллюски, камбала, скаты). Запасы бентоса составляют не менее 10 млрд т, причем около 90% приходится на долю шельфа и континентального склона.

Скопление жизни в донной пленке определяется наличием дна. Само по себе дно не кормит, но оно задерживает все то, что не успели съесть раньше. Кроме того, твердый субстрат даёт возможность укрытия. Биосферная роль бентали не меньше, чем планктонной пленки жизни. Если планктонная пленка – огород океана, то бенталь – склад его готовой продукции.

# Сгущения жизни в океане

Вернадский выделяет 3 типа : прибрежные, саргассовые, рифовые.

**Прибрежные** сгущения жизни возникают там, где встречаются обе пленки жизни – планктонная и донная – и сочетают в себе те жизненные блага, которые они несут: солнечный свет и твердый субстрат. Они характеризуются обильным притоком минеральных и органических веществ с континента и имеют интенсивное перемешивание водной толщи (это делает возможным многократное использование элементов минерального питания).

Отличительной чертой прибрежных сгущений жизни является преобладание многоклеточных, а не одноклеточных организмов. Характерно при этом сравнительное однообразие жизни в прибрежных сгущениях – 1-12 видов организмов здесь могут составлять до 95% биоценозов. Примером таких однородных скоплений являются мидиевые «банки». Биомасса мидий иногда достигает десятков кг на 1 м<sup>2</sup> дна.

# Саргассовые сгущения

– участки моря, переполненные многоклеточными, не прикрепленными ко дну водорослями – саргассумом или филлофорой. Такой тип сгущения характеризуется очень высоко биомассой и чрезвычайно низкой продуктивностью живого вещества.

Свое название бурая водоросль саргассум получила от португальского слова «саргасс» - гроздь винограда. Это желто-коричневые растения, с сильно рассеченными листьями, характерную особенность которых составляют шаровидные пузырьки, наполненные воздухом. Спутанная масса водорослей и обитающих здесь животных представляет собой саргассовое сгущение жизни.

Экосистема Саргассового моря, расположенного у восточных берегов Северной Америки. Его биомасса составляет 4-11 млн т, т.е. примерно 1% всей биомассы живого вещества фотоавтотрофов Мирового океана.

На территории нашей страны саргассово сгущение жизни было впервые обнаружено в северо-западной части Черного моря. Здесь на площади около 11 тыс. км<sup>2</sup> на мелководье располагается скопление прикрепленной ко дну багрянки филлофоры, по биомассе (5,5 млн т) не уступающей сгущению Саргассова моря

## Рифовые сгущения жизни (1)

Коралловые рифы – массовые мелководные поселения коралловых полипов и других морских организмов, имеющих твердый известковый скелет. Помимо кораллов, рифы создаются деятельностью разнообразных живых существ: зеленых и красных водорослей, моллюсков, иглокожих и др. Ткани самих кораллов буквально набиты фотосинтезирующими симбиотическими водорослями зооксантеллами. В создании автотрофного живого вещества коралловых рифов большую роль играют также цианобактерии.

Одна из самых высокопродуктивных экосистем биосферы. Растут рифы со скоростью 10 см/год, иногда до 25. Общая площадь всех рифов мира составляет 600 тыс. км<sup>2</sup> (территория Мадагаскара). Высокая продуктивность экосистемы коралловых рифов пористостью самого рифового сооружения: рифообразующие организмы могут «прогонять» через себя огромные объемы воды, отфильтровывая питательные вещества.

# Местонахождение рифов

1. Область распространения коралловых рифов ограничена водами, имеющими на протяжении года температуру на поверхности не ниже  $18^{\circ}$  и не выше  $35^{\circ}$ . В силу этого ограничения рифовые сгущения жизни сосредоточены в полосе между  $37^{\circ}$  с. ш. и  $37^{\circ}$  ю. ш.
2. Морская вода должна иметь определенную соленость (от 2,7 до 4,0 ‰), быть незамутненной, содержать много кислорода.
3. Кораллам (точнее, живущим в симбиозе с ними водорослям) нужен свет, и поэтому они живут на глубине не более 40-50 м.

## Деградация рифов в условиях антропогенного воздействия

- уничтожение морской звездой «терновый венец»;
- «выцветание» кораллов.

# Апвеллинговое и абиссальное рифтовое сгущения жизни в океане

**Апвеллинг** (от англ up- вверх и to well -хлынуть) – явление подъема глубинных океанских вод к поверхности. подъем на поверхность глубинных вод, обогащенных минеральными элементами и углекислотой, оказывает благотворное влияние на развитие жизни. Особенно ярко эта закономерность проявляется в тропических и субтропических районах. Поэтому именно здесь сосредоточены все крупнейшие апвеллинги планетарного масштаба – Канарский, Бенгальский, Сомалийский, Калифорнийский, Перуанский и Экваториальный.

Воды, обогащенные элементами минерального питания и углекислотой, обычно поднимаются с небольших глубин: приблизительно 100 м и очень редко до 300 м. Скорость подъема вод очень небольшая – от 1 до 5 м в день. Самая мощная продуцирующая система Мирового океана находится в зоне Перуанского апвеллинга. С его площади, занимающей всего 0,02% всей акватории океана, получают до 15-20% мирового улова рыбы.



# Особенности абиссальных рифтовых сгущений жизни (1)

1. Абиссальные сообщества являются приемниками эндогенной, а не солнечной энергии. Гидротермальные источники, действующие на дне океана, несут эндогенный сероводород, который используют большинство хемоавтотрофов (некоторые микроорганизмы утилизируют  $H_2$ ,  $NH_3$ ,  $NO_2^-$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ). При хемосинтезе серные бактерии извлекают энергию из сероводорода, окисляя его. Следующее трофическое звено – макрофауна (погонофоры) – питается хемоавтотрофными микроорганизмами (архебактериями и бактериями).
2. Широкое распространение симбиотрофных организмов. Хемоавтотрофные бактерии зачастую функционируют прямо в теле многоклеточных организмов и даже образуют там кристаллики самородной серы. В особом органе погонофор, где сосредоточены бактерии, их численность достигает 3,7 млрд клеток на 1 г веса. Пищеварительная система у такого рода симбиотрофных организмов полностью атрофирована: у них нет ни рта, ни желудка, ни кишечника. В симбиозе с серными бактериями обитает крупный белый двустворчатый моллюск: бактерии живут в его жабрах.

# Особенности абиссальных рифтовых сгущений жизни (2)

3. Своеобразие органического мира. В абиссальных рифтовых сгущениях описано больше десятка новых семейств и подсемейств кольчатых червей, погонофор, гастропод, ракообразных, много новых родов разных типов. Так, в оазисе на подводном хребте Хуан-де-Фука зафиксировано 14 новых видов многоклеточных животных.

Самыми характерными обитателями рифтовых сгущений жизни являются **рифтии** – крупные червеобразные животные длиной до 1,5 м при диаметре 3,5-4 см, живущие в гибких цилиндрических трубках из белка и хитина. Это типичные симбиотрофные животные, питающиеся за счет «вмонтированных» в них хемоавтотрофных бактерий.

Полихеты, подобно рифтиям, живущие в трубках, но не хитиновых, а известковых. Слепые крабы и рыбы пасутся на зарослях рифтий и полихет. А вдоль трещин, по которым изливаются гидротермы, селятся гигантские (до 30 см) двустворчатые моллюски.

# Особенности абиссальных рифтовых сгущений жизни (3)

4. Гигантизм обитателей . Длина обычных (не рифтовых) погонофор, как правило, не превышает 10 см. Рифтовые погонофоры достигают длины 1,5 м. Гигантские двустворчатые моллюски достигают 25-30 см в диаметре и с толщиной раковины до 8 мм. Растут они в 500 раз быстрее, чем их ближайшие родственники, живущие вне зоны рифта и имеющие на порядок меньшие размеры (2-3 см). «Гигантомания» затронула даже бактерии, достигающие 0,11 мм.
5. Плотность жизни в рифтовых сгущениях необычайно высока. В районе Галапагосских островов на глубине 2500 м биомасса одних только рифтий составляет 10-15 кг/м<sup>2</sup>, тогда как обычно на такой глубине плотность живого вещества донной пленки лишь 0,1-10 г/м<sup>2</sup>.

# Размеры и продолжительность жизни абиссальных рифтовых сгущений

Размеры оазисов небольшие: десятки метров в поперечнике. Все известные оазисы расположены в восточной части Тихого океана на глубинах 1500-3000 м, причем большая их часть – на оси срединно-океанического Восточно-Тихоокеанского поднятия: на 21° с. ш., 10-13° с. ш., у экватора (Галапагосский рифт) и у острова Пасхи (27° ю.ш.). Самое северное сгущение жизни находится за пределами Восточно-Тихоокеанского поднятия в проливе Хуан-де-Фука у южной оконечности острова Ванкувер. В пределах каждого из этих участков имеется несколько изолированных оазисов, расположенных друг от друга на расстоянии нескольких сотен м. Общая протяженность меридионального пояса рифтовых сгущений составляет в Тихом океане 8 тыс. км.

Длительность действия гидротерм - первые десятки лет. Французская экспедиция, посетившая в 1984 г. открытые ими ранее оазисы абиссальной жизни, зафиксировала серьезные изменения, произошедшие всего за 2 года. Там, где гидротермальная деятельность за это время прекратилась, распались и сообщества организмов.

# Пленки и сгущения жизни на суше

## **Экогоризонты:**

1. наземная пленка жизни;
2. почвенная пленка жизни;
3. аэробный подземный экогоризонт;
4. аэробно-анаэробный подземный экогоризонт;
5. анаэробный подземный.

## **Сгущения жизни:**

1. береговые,
2. пойменные,
3. сгущения стоячих водоемов,
4. влажных дождевых лесов тропиков.

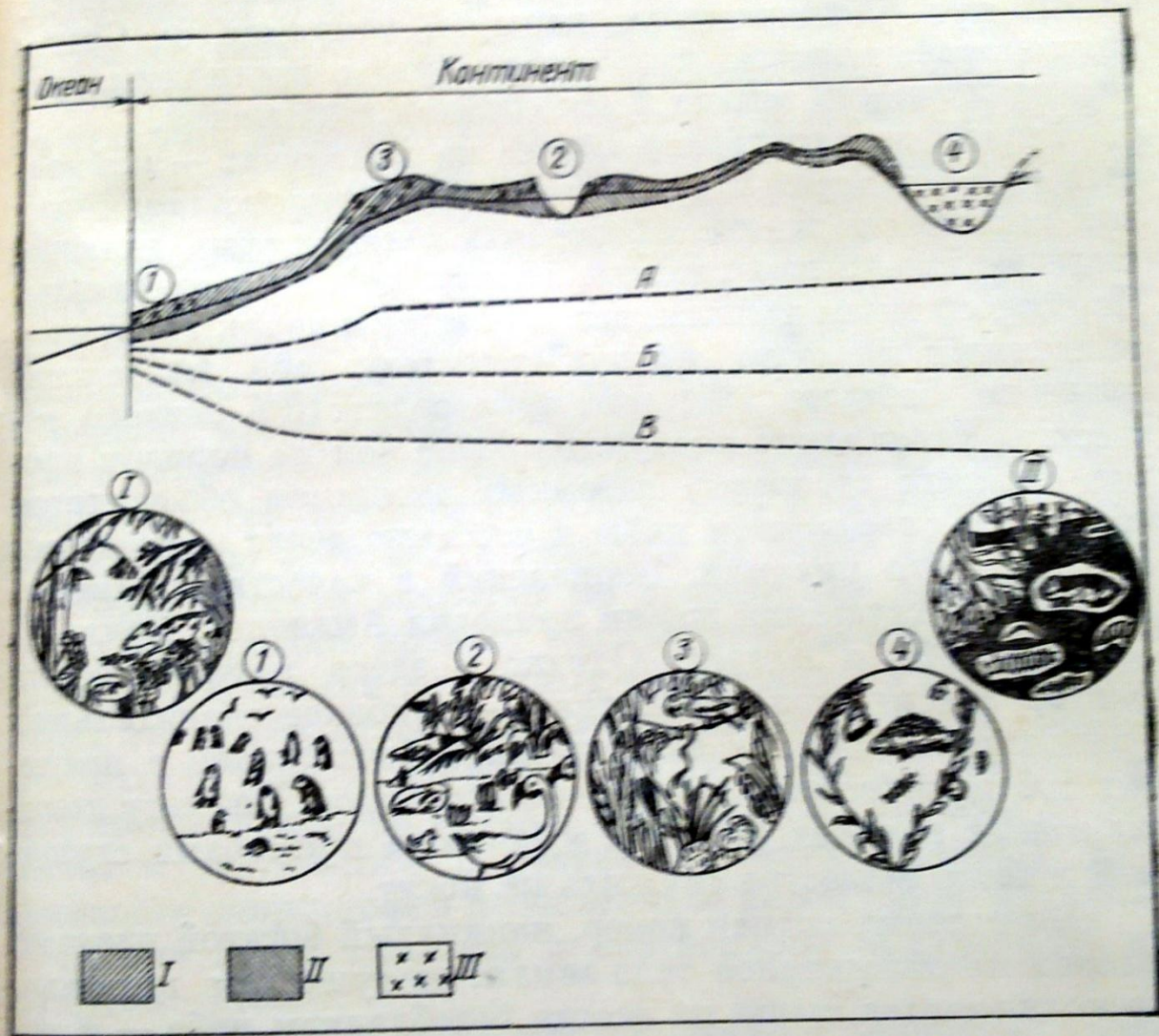


Рис. 4. Экогоризонты, концентрации и разрежения жизни на суше: I — наземная пленка жизни; II — почвенная пленка жизни; III — сгущения жизни; 1 — береговое; 2 — пойменное; 3 — влажных дождевых лесов тропиков и отчасти субтропиков; 4 — сгущения стоячих водоемов; A—B — разрежения жизни: A — аэробный подземный экогоризонт; B — аэробно-анаэробный подземный экогоризонт; B — анаэробный подземный экогоризонт