



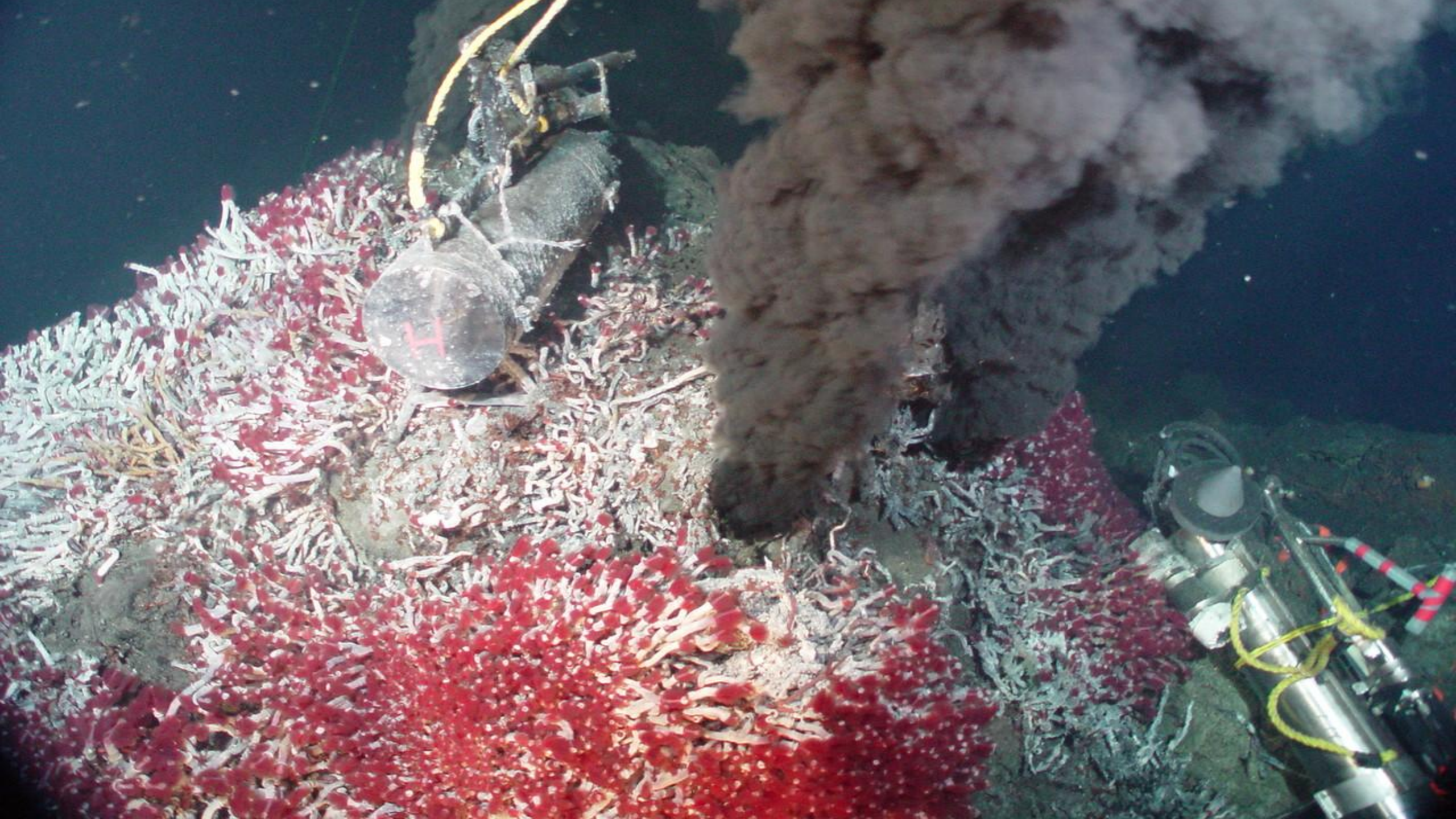
Фауна гидротермальных оазисов



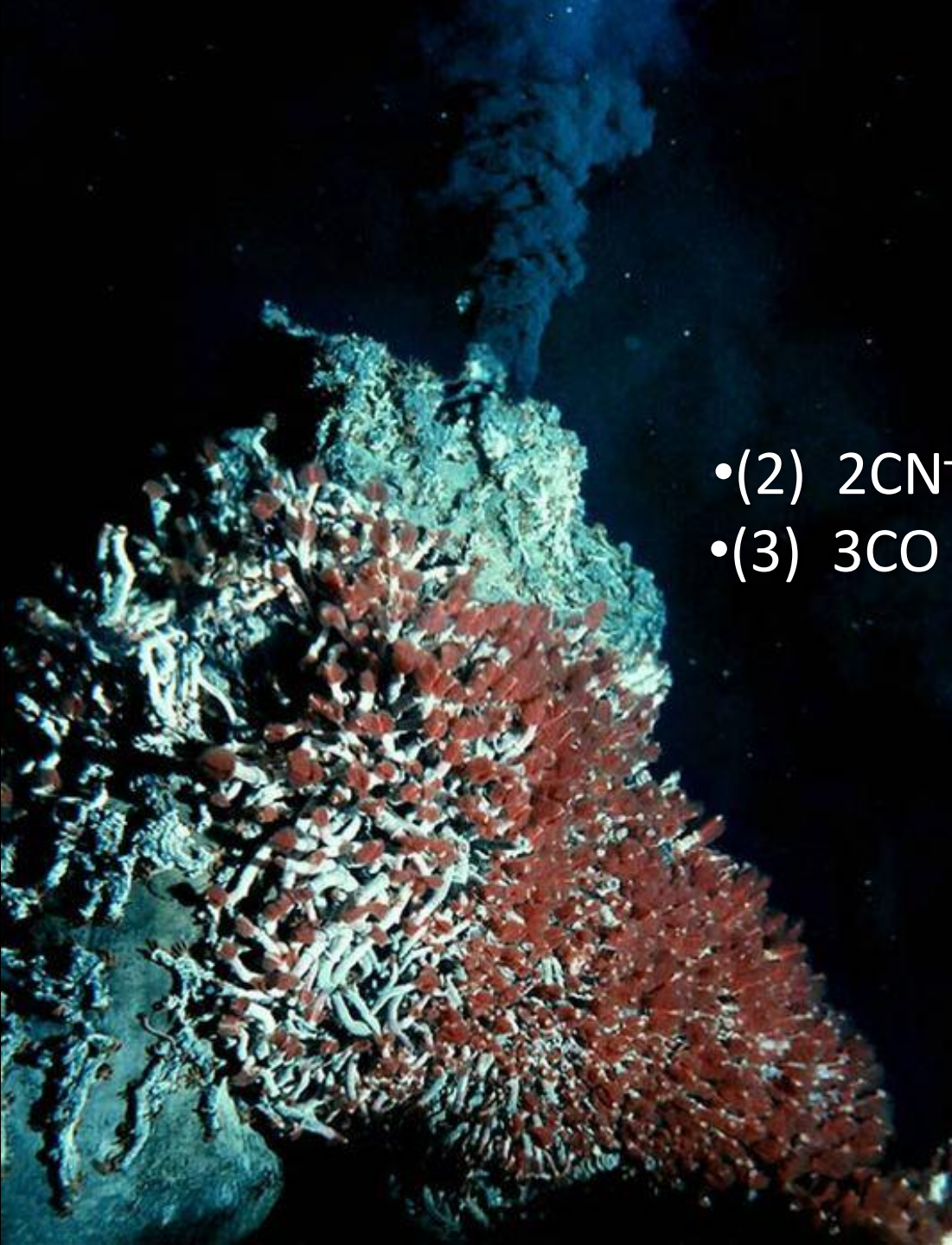
Минеральный состав гидротермальных источников

Светлана Андреева









- (1) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$,
- (2) $2\text{CN}^- + 2\text{e}^- + 3\text{H}^+ + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}-\text{CH}_2-\text{COO}^- + 2\text{NH}_3$,
- (3) $3\text{CO} + 6\text{e}^- + 5\text{H}^+ + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHNH}_2-\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$.

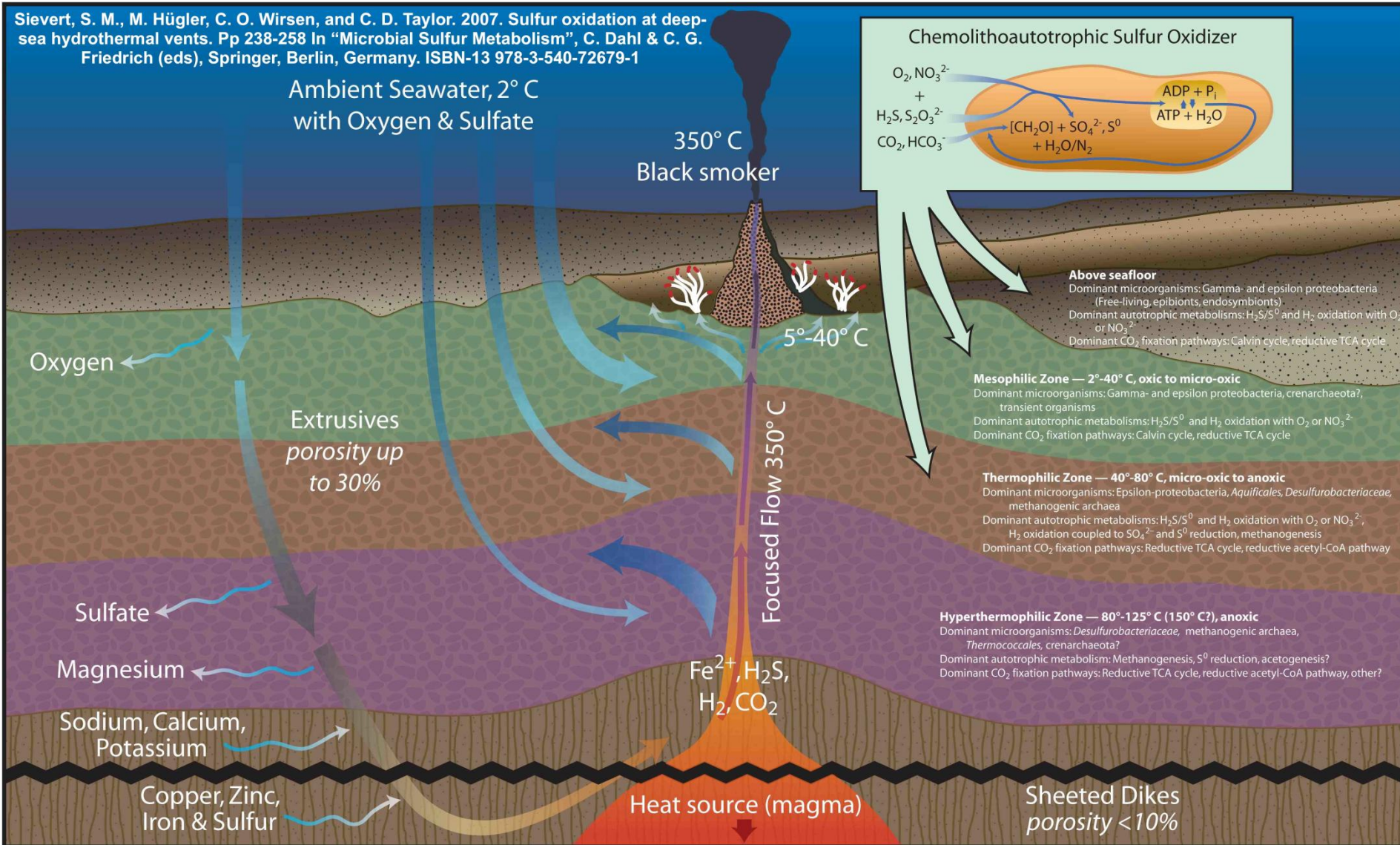
Источники

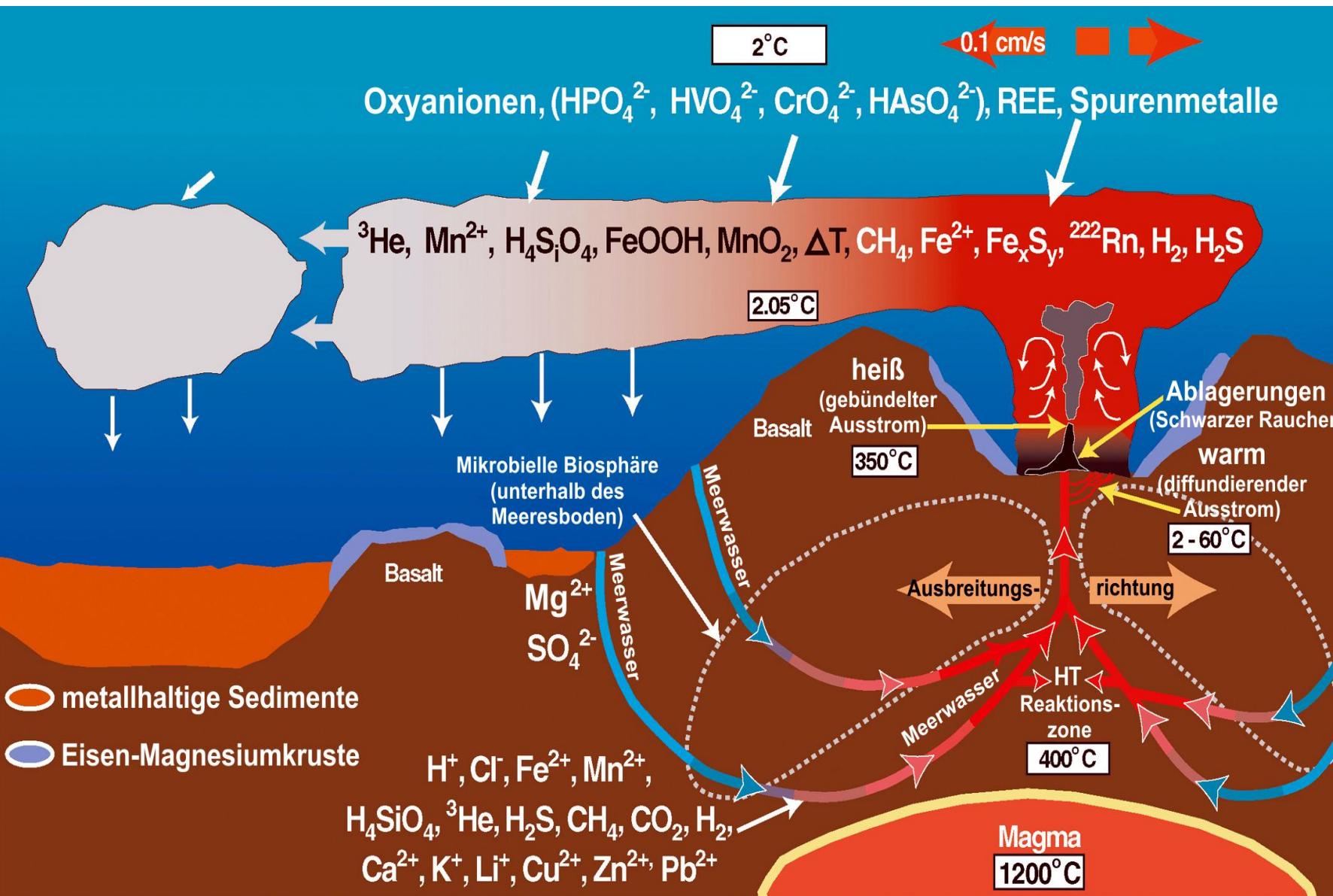
- Claudia Huber and Günter Wächtershäuser. [\$\alpha\$ -Hydroxy and \$\alpha\$ -Amino Acids Under Possible Hadean, Volcanic Origin-of-Life Conditions](#) // *Science*. 2006. V. 314. P. 630–632.
- Арсанова Г.И. Редкие щелочи в термальных водах вулканических областей.// Новосибирск. 1974. (2 редакция. 2009 г.)

Гидротермальные сообщества: структура, география и историческое развитие

Василий Зубарев

Строение гидротермального источника



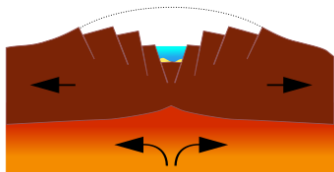


• <https://commons.wikimedia.org>

Географическое распространение гидротерм

Rift Valley (African rift valley)

(African rift valley)



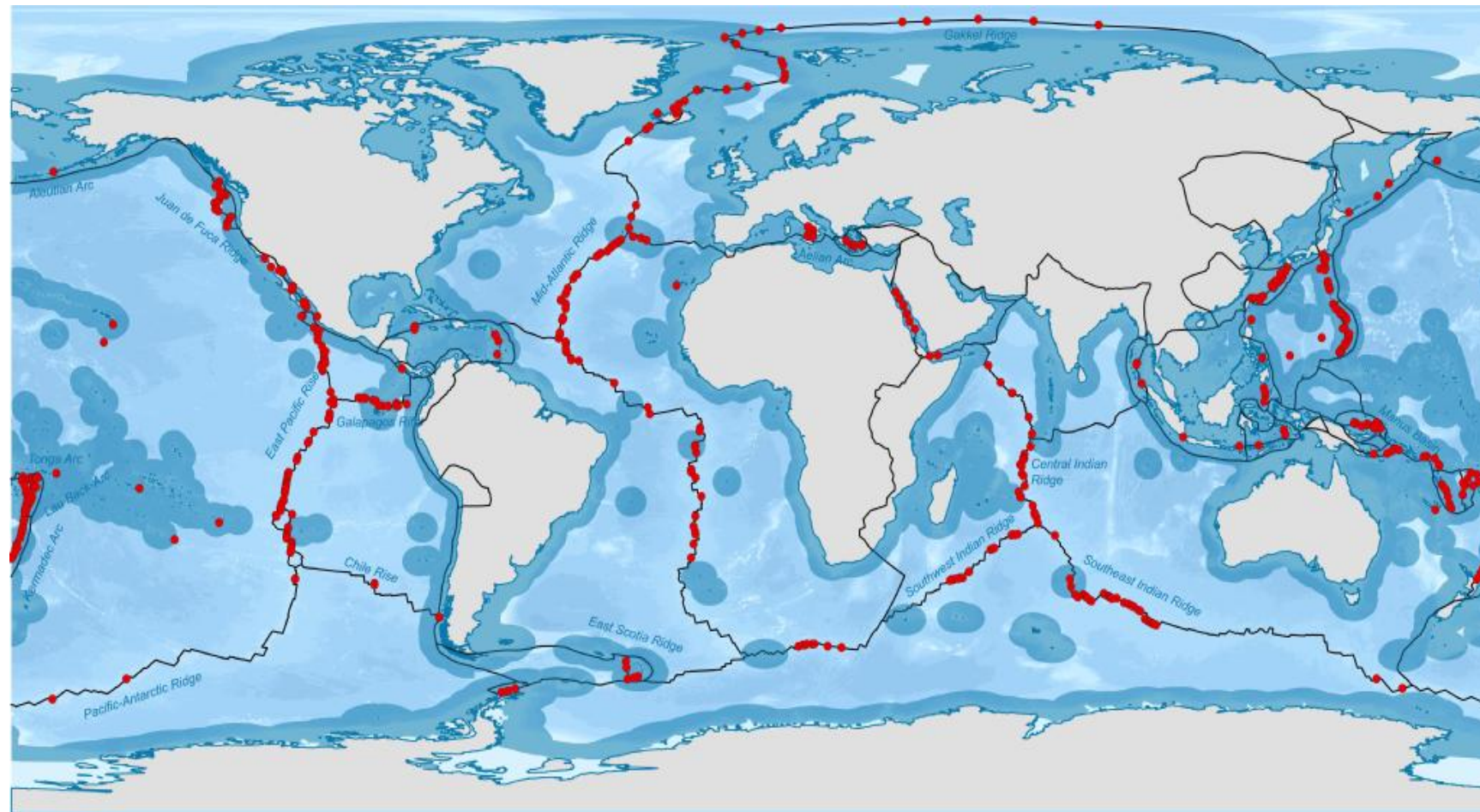
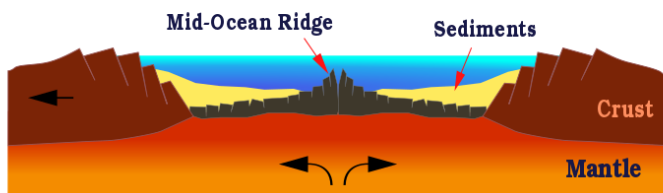
New Ocean Basin (Red Sea)

(Red Sea)



Mature Ocean (Atlantic)

(Atlantic)



• Гидротермальные источники



• <https://natworld.info>

Краткий обзор доминантов фауны гидротерм



- Вестиментиферы (Annelida: Siboglinidae) – симбиотрофы, имеют специальный орган – трофосому, где живут симбиотические бактерии.
- Яркие красно-белые представители рода *Riftia* стали «визитной карточкой» гидротермальных сообществ.

Полихеты



- По разнообразию освоенных ниш и количеству видов, пожалуй, одна из самых успешных групп в гидротермальных сообществах.
- Хищники, детритофаги, часто собиратели бактерий со дна, и даже паразиты (на двустворчатых).

Двустворчатые моллюски

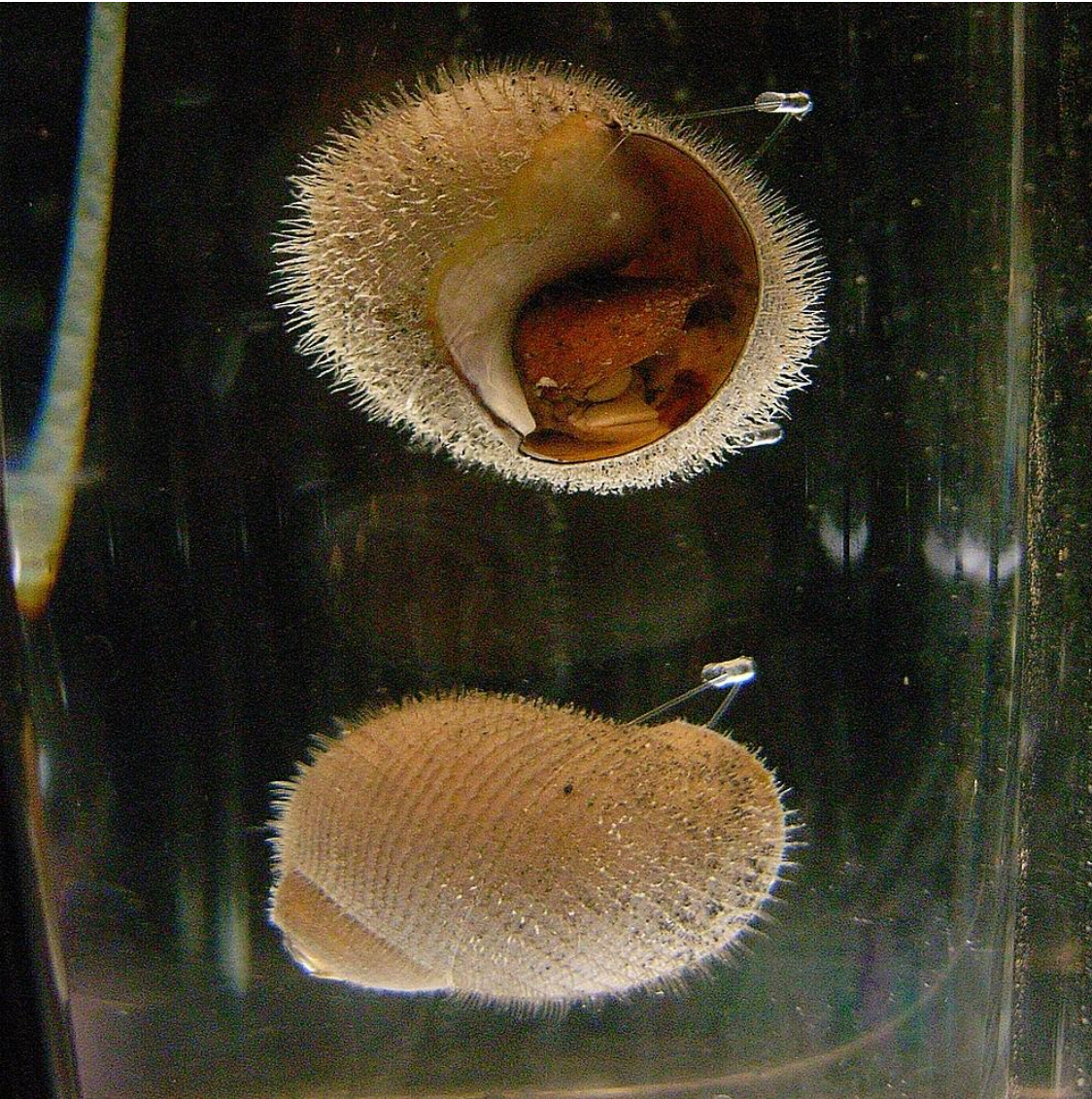
- Двустворчатые моллюски гидротерм большей частью симбиотрофы с остаточной способностью к фильтрации (или без неё). Бактерии-хемосинтетики развиваются в жабрах.

Поселения двустворчатых часто очень плотные и многослойные (до 6 слоёв).



Bathymodiolus thermophilus

Брюхоногие моллюски



Alviniconcha hessleri

- Большинство гидротермальных брюхоногих освоили нишу грейзеров, т.е. соскребают обрастания с поверхности субстрата. Однако есть симбиотрофы (*Alviniconcha*, *Provanna*) и хищники (Turridae). У симбиотрофов бактерии живут в крупной жабре, как и у двустворчатых.

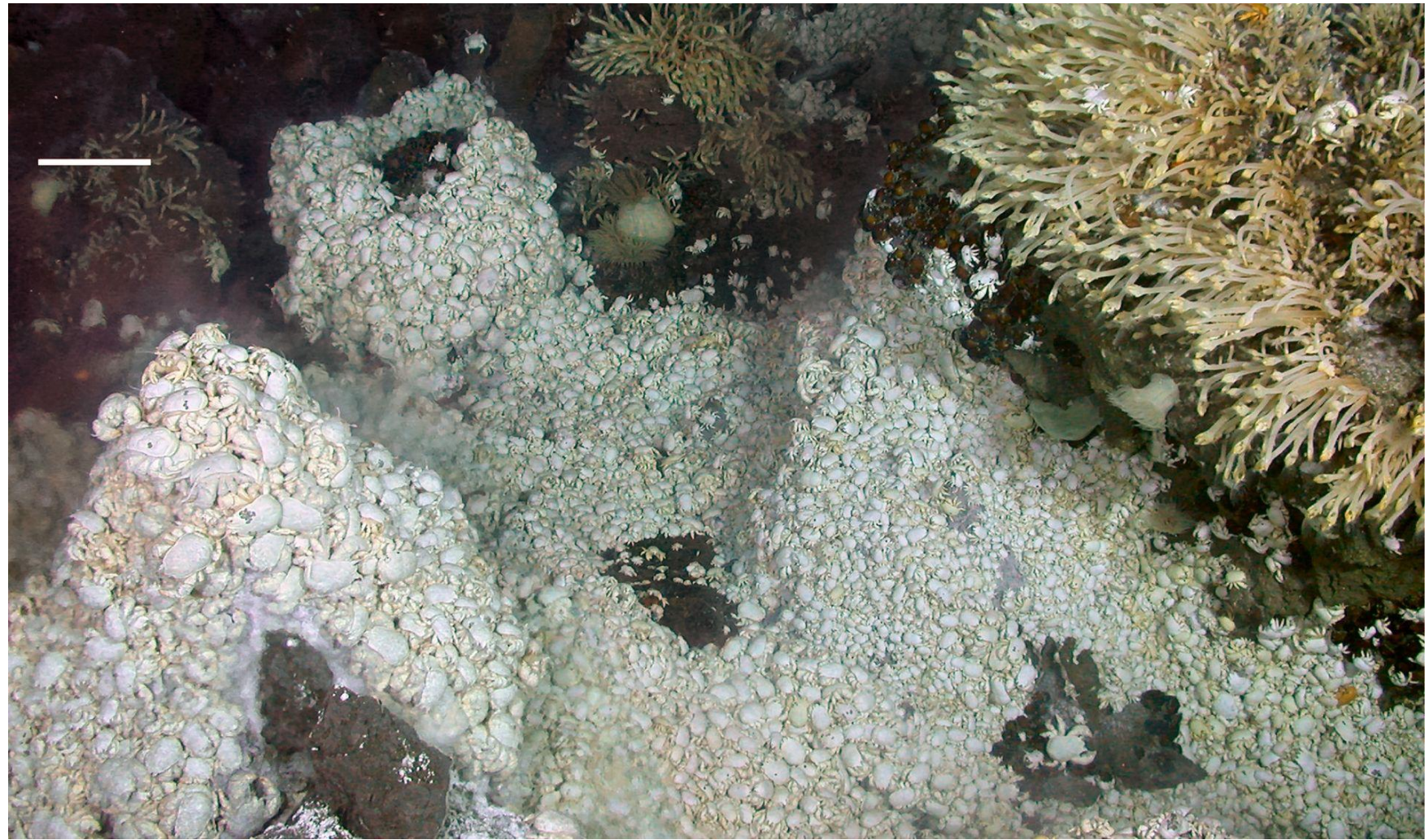
Ракообразные



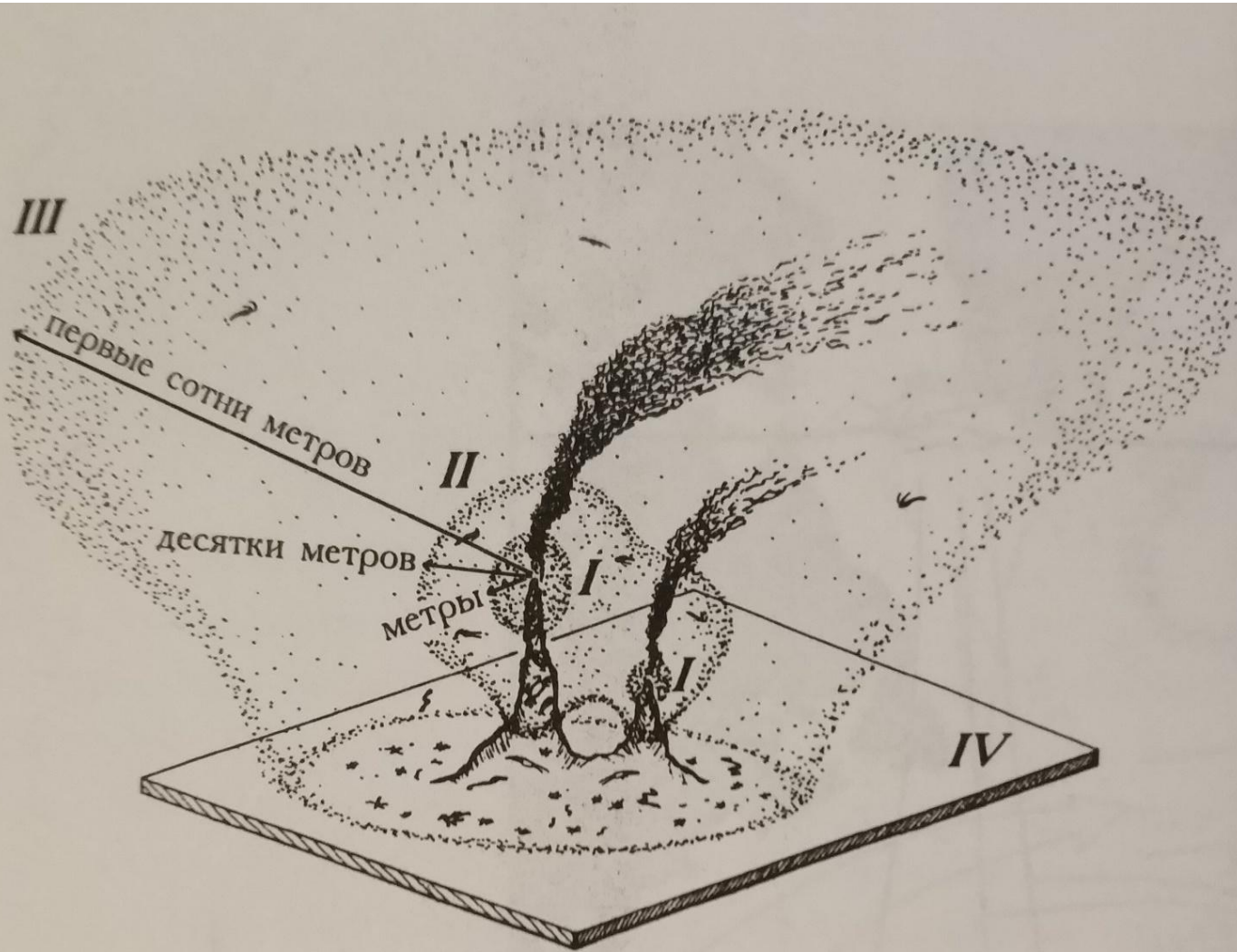
Alvinocaris sp.

- Ракообразные гидротерм достаточно разнообразны, их доля в видовом богатстве составляет 35%.
- Креветки *Rimicaris* приспособились к питанию бактериями, обрастающими ротовые структуры.

- Также среди ракообразных есть хищники (например, крабы *Vythograea*) и фильтраторы (усоногие).



Пространственная структура сообществ



- Трёхмерная концентрическая структура в толще воды
- Двумерная концентрическая структура на дне

Рис. 3. Схема строения трехмерной гидротермальной экосистемы (предложена А.Л.Верещакой на примере поля Брокен Спур). I –

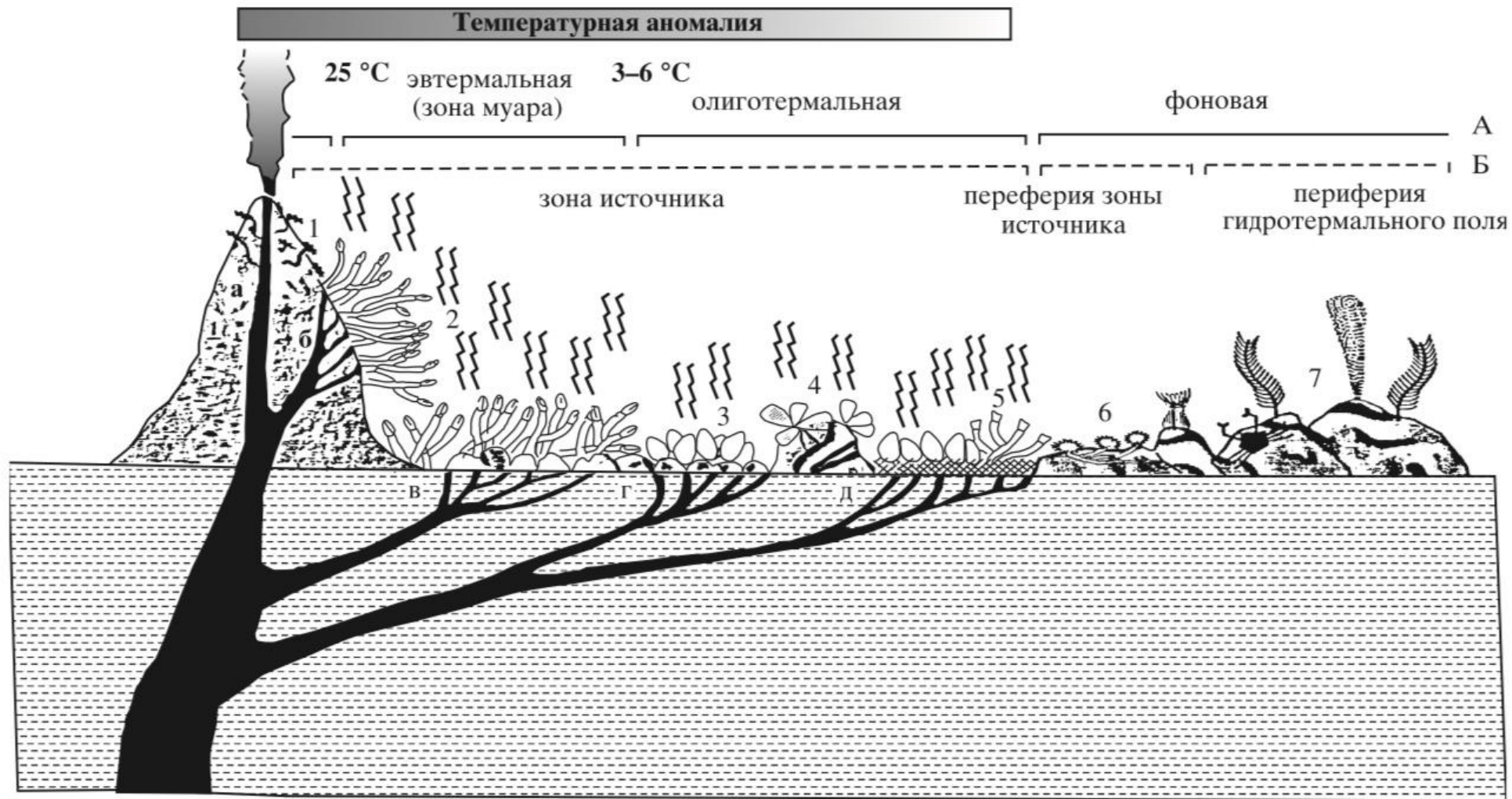
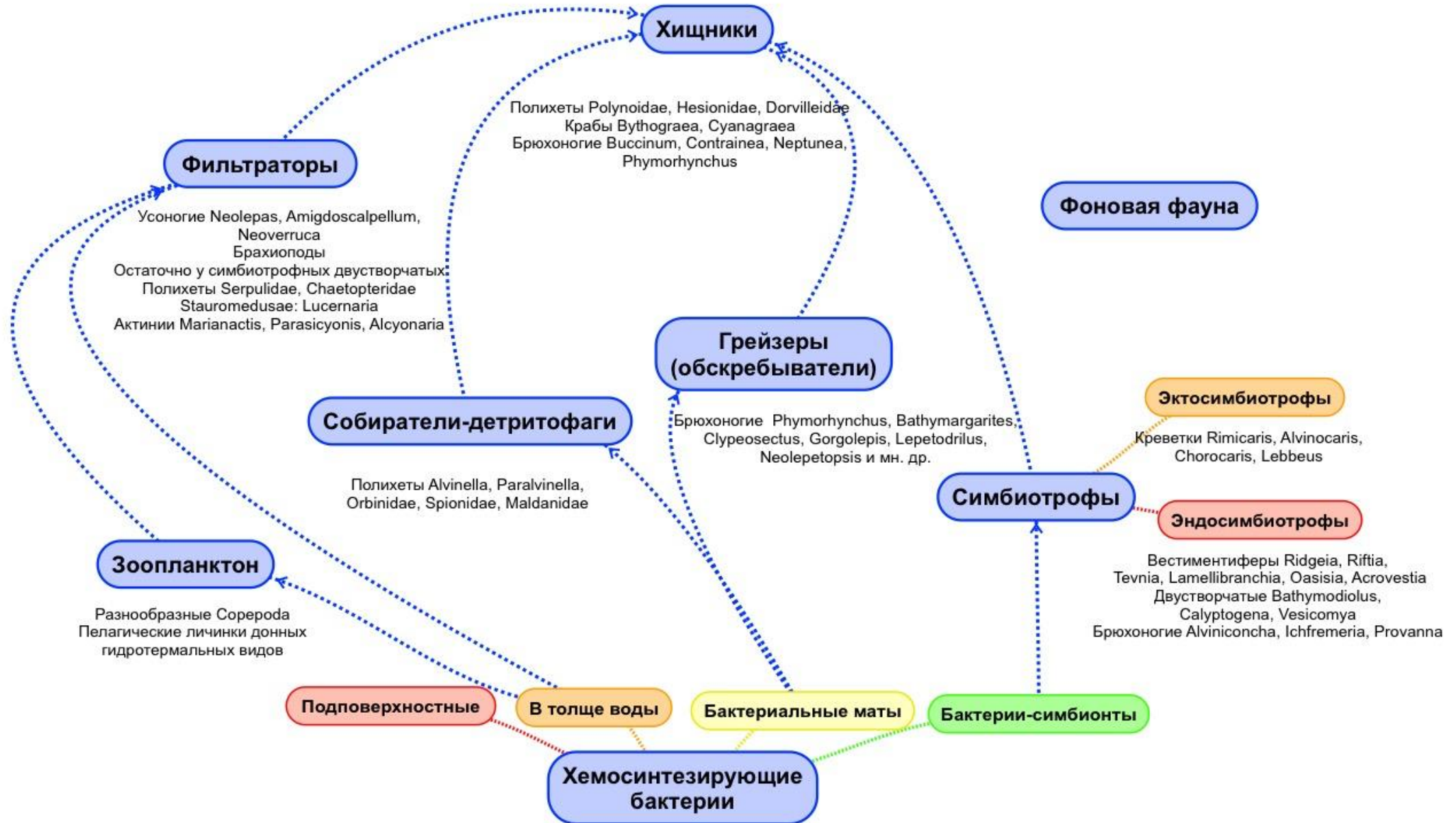


Рис. 2. Основные биотопы гидротермального поля и мелкомасштабная фаунистическая зональность (на примере сообществ Восточной Пацифики). А – температурные зоны. Б – зоны гидротермального поля. Формы гидротермальных проявлений: а – черный курильщик; б – диффузные истечения, визуально заметные по муару, через стенки сульфидной постройки; в – то же через трещины в базальтах; г – диффузные истечения без визуально выраженных температурных аномалий через трещины в базальтах; д – то же через рыхлый осадок. Доминирующие фаунистические группировки: 1 – Polychaeta: Alvinellidae (*Alvinella*); 2 – Vestimentifera: Tevniida (*Riftia*, *Tevnia*); 3 – Bivalvia: Vesicomysidae (*Calyptogenia*); 4 – Bivalvia: Mytilidae (*Bathymodiolus*); 5 – Vestimentifera: Lamellibrachiida (*Lamellibrachia*); 6 – Polychaeta: Serpulidae и другие специализированные сестонофаги; 7 – фоновые сестонофаги и плотоядные.

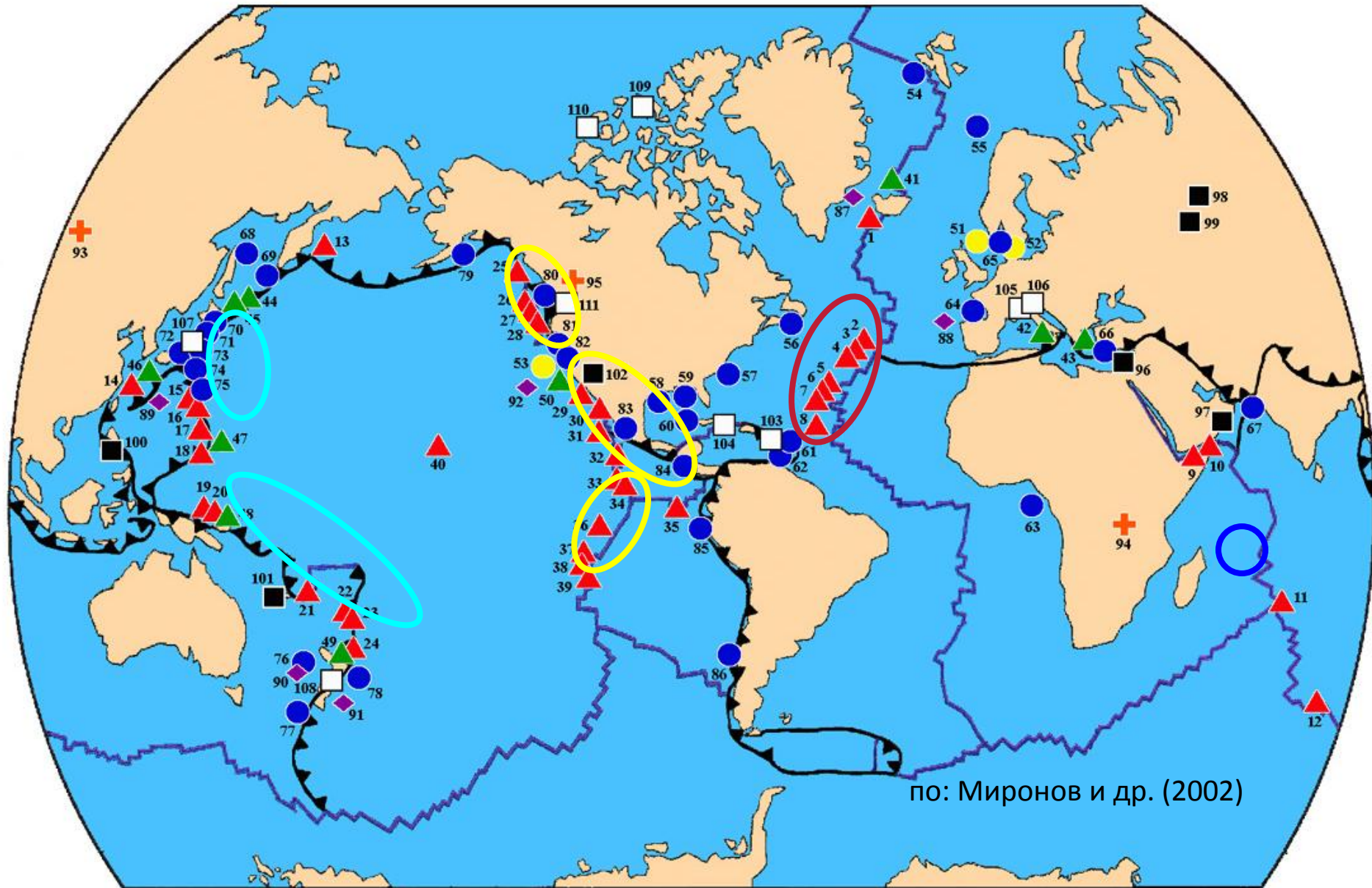
Характеристика температурных зон

Температурная зона и аномалия температуры	Высокотемпературная 40-25С	Эвтермальная (зона муара) 25-5С	Олиготермальная 5-0С	Фоновая	
Зоны гидротермального поля	Зона источника			Периферия зоны источника	Периферия гидротермального поля
Бактериальные маты	+	+	+	-	-
Преобладающий тип питания	Симбиотрофия, детритофагия	Симбиотрофия	Миксотрофия	Фильтрация	Фильтрация
Максимальный ранг эндемизма	Семейство	Отряд	Семейство	Семейство	-

Трофическая структура



География гидротермальных сообществ



Биоценотическое районирование

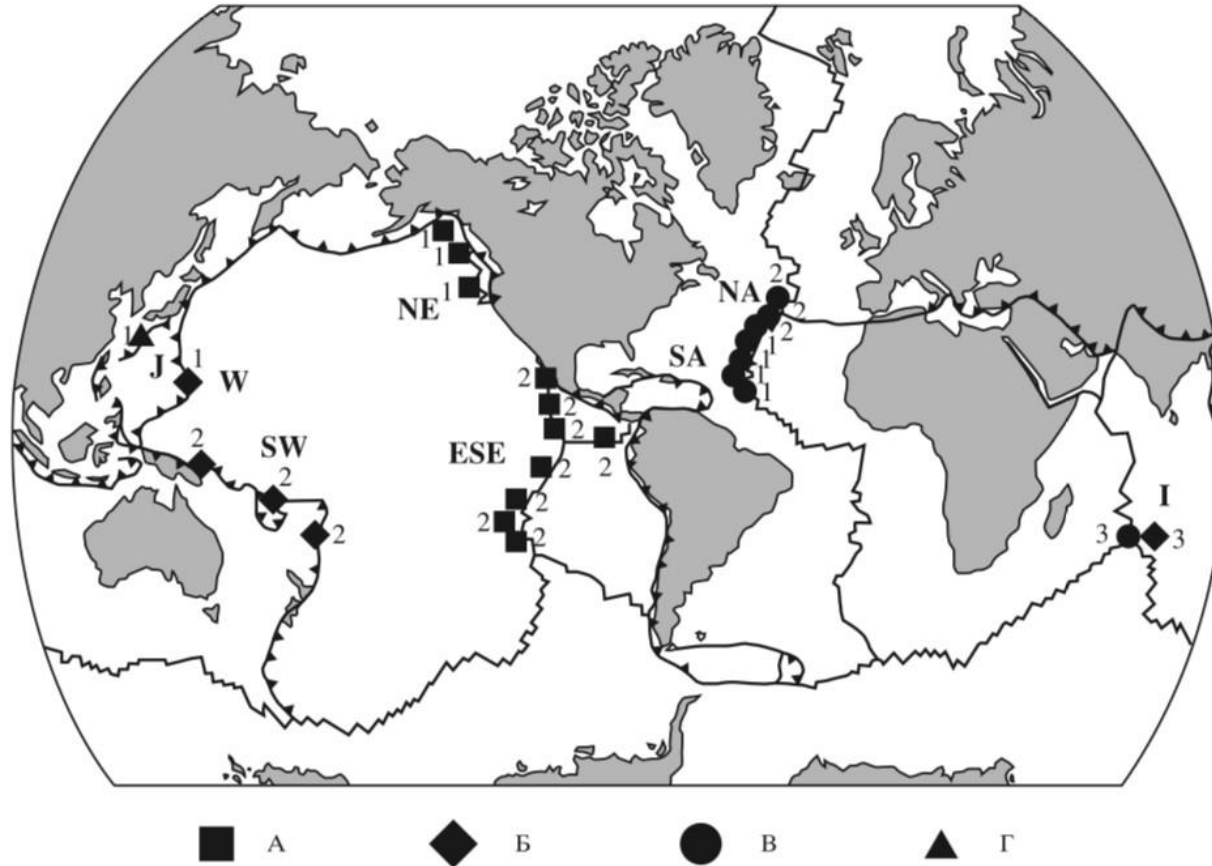
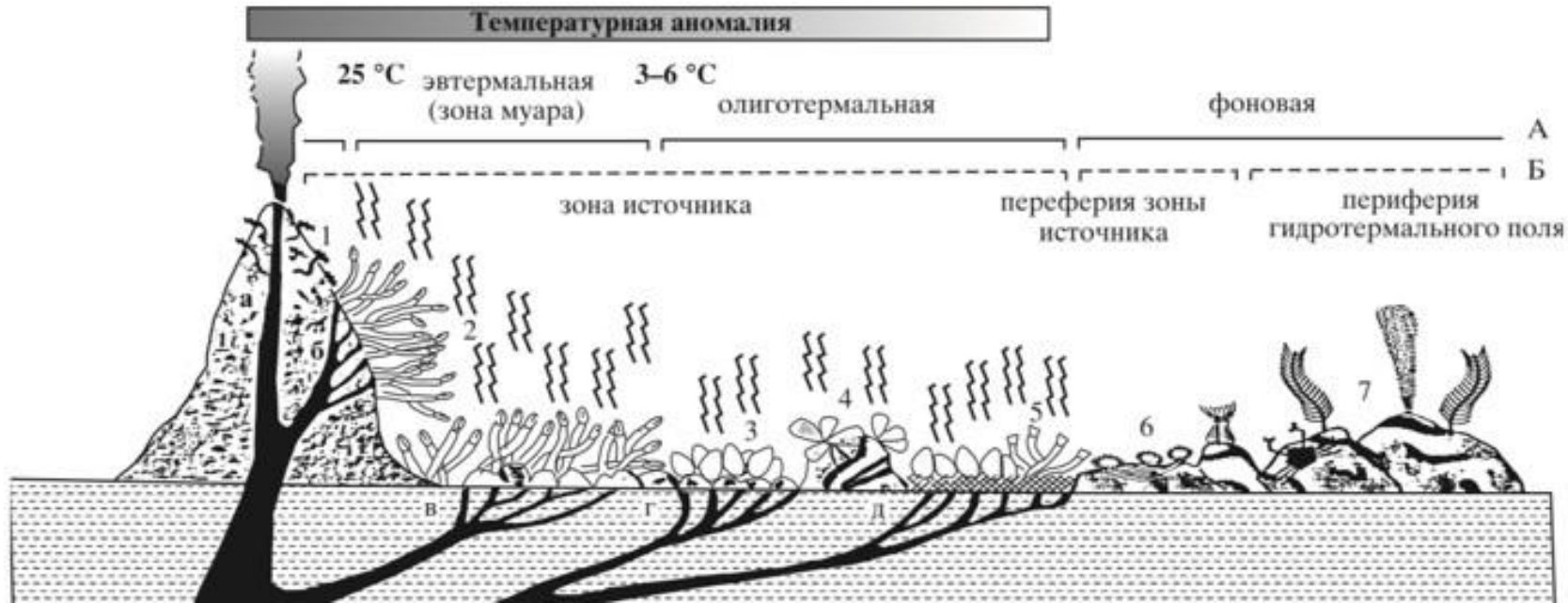


Рис. 3. Биогеографические регионы, выделенные по распространению руководящих таксонов гидротермальных сообществ: NE-Северо-Восточный, ESE – Восточно-Юго-Восточный, W – Западный, SW – Юго-Западный, J – Южно-Японский, SA – Южный Атлантический (абиссальный), NA – Северный Атлантический (батиальный), I – Индо-океанский. Таксоны, доминирующие в эвтермальной зоне гидротермальных сообществ: А – Vestimentifera (Tevniida): 1 – *Ridgeia piscesae*, 2 – *Riftia pachyptila*, Б – Gastropoda (Provannidae): 1 – *Alviniconcha hessleri*, 2 – *Ifremeria nautilei*, 3 – *Alviniconcha* sp., В – Decapoda Macrura (Bresilioidea): 1 – *Rimicaris exoculata* (Alvinocarididae), 2 – *Mirocaris fortunata* (Mirocarididae), 3 – *Rimicaris* sp. Г – Bivalvia: 1 – *Bathymodiolus japonicus* и *B. septemdiarum* (Mytilidae). Ломаные линии – срединно-океанические хребты (зоны спрединга), линии с треугольниками – зоны субдукции.

Районирование по доминантам сообществ (руководящим таксонам) Синперата – линия совпадения границ ареалов
Выделено 5 региональных типов сообществ:

- 1) Северо-восточный
- 2) Восточно-тихоокеанский
- 3) Калифорнийский
- 4) Юго-западный
- 5) Атлантический

Северо-восточный региональный тип



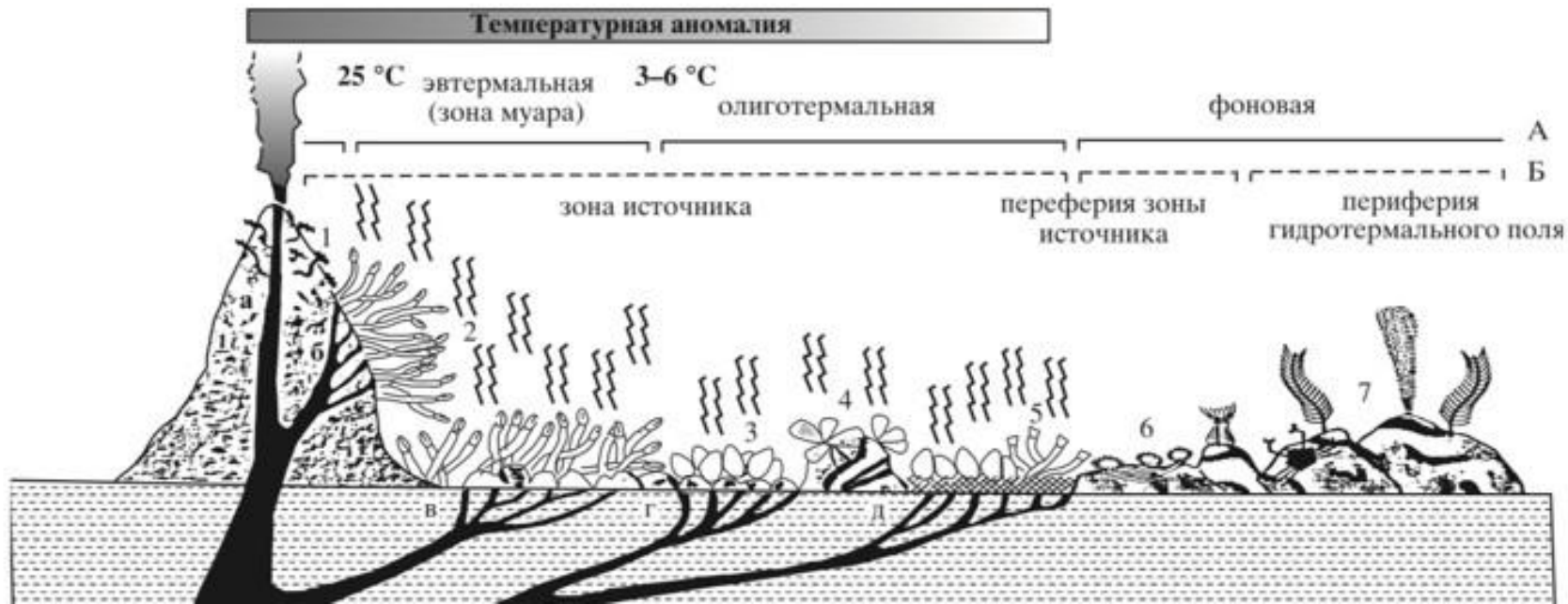
*Paralvinella
sulfinicola*

Ridgeia piscesae,
Paralvinella
palmiformis,
Leptodrilus fucensis

Calyptogena sp.

Hexactinellida

Восточно-тихоокеанский региональный тип



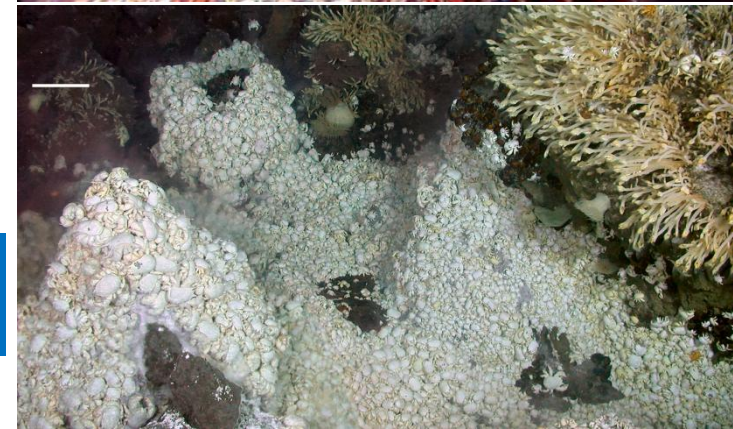
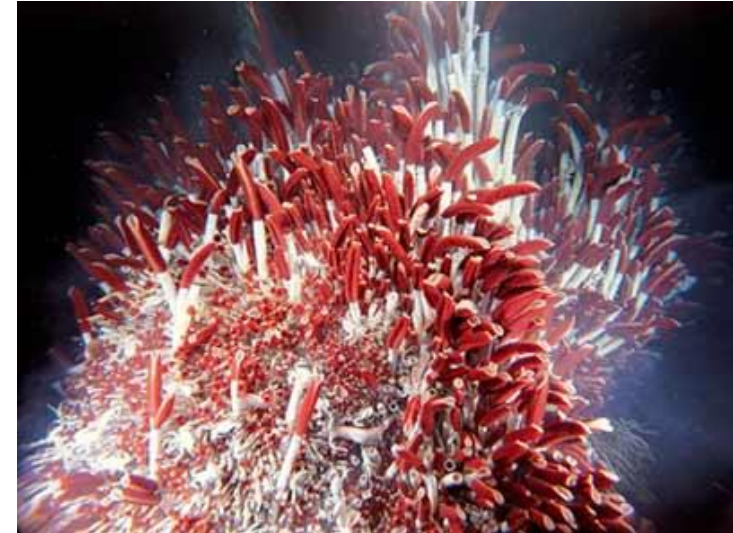
Alvinella pompejana,
A. caudata

Riftia pachyptila,
Oasisia alvinae,
Tevnia jerichonana,
Bythograea thermidon

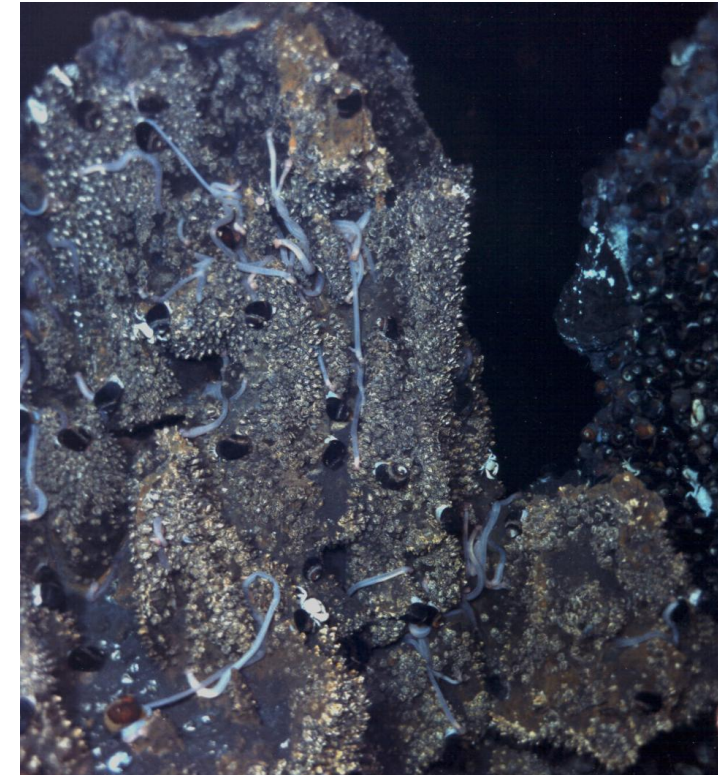
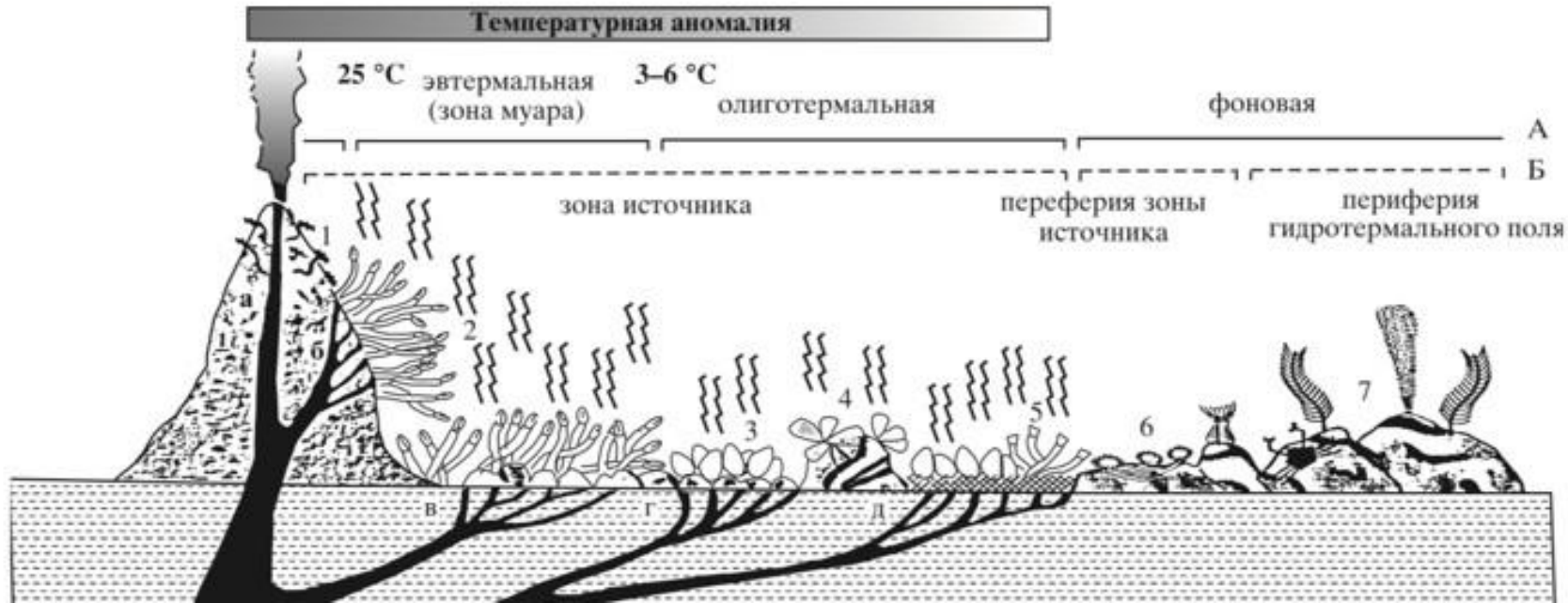
Calyptogena magna,
Bathymodiolus thermophilus

Neolepas zevinae,
Serpulidae

Actinaria,
Gastropoda



Юго-западный региональный тип



Paralvinella
fijiensis,
P. unidentata

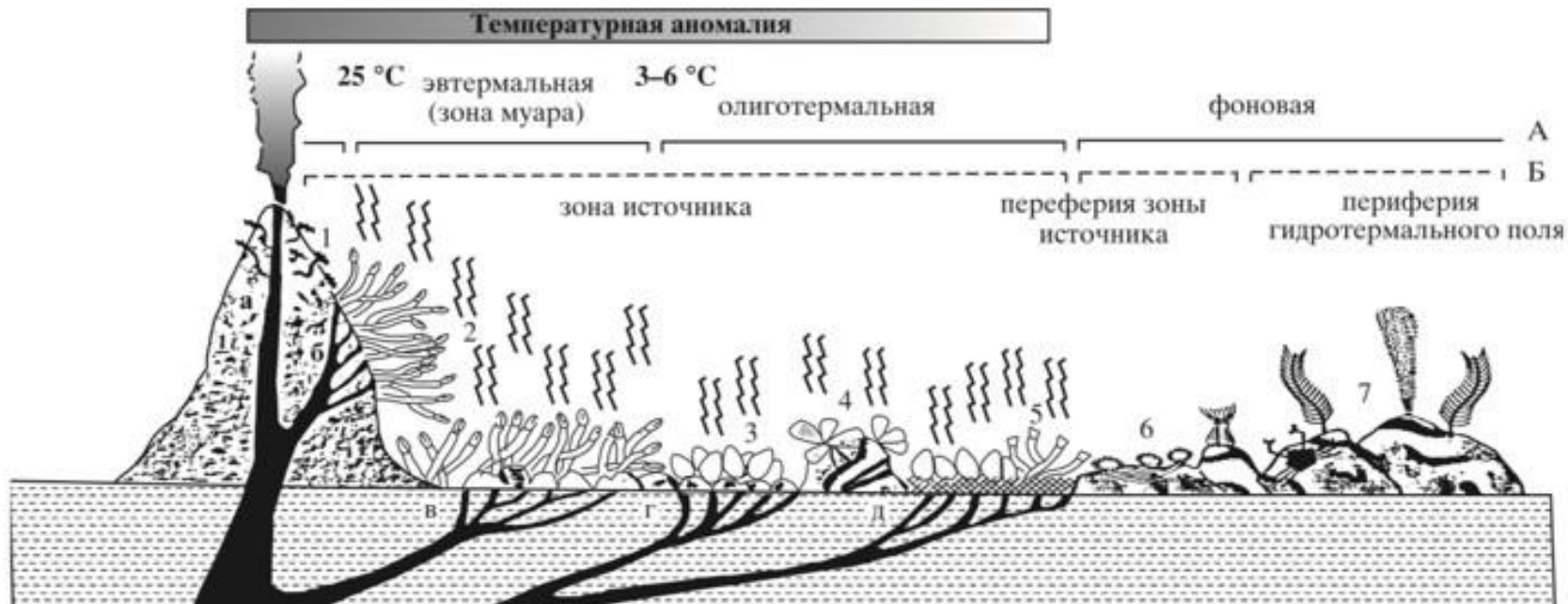
Riftia pachyptila,
Bythograea
thermidon,
Paralvinella
bactericola

Acrovesica sp.

Echinolasmus
ohtai,
Phymorhynchus
sp.

Octocorallia,
Actinaria,
Hexactinellida

Атлантический региональный тип



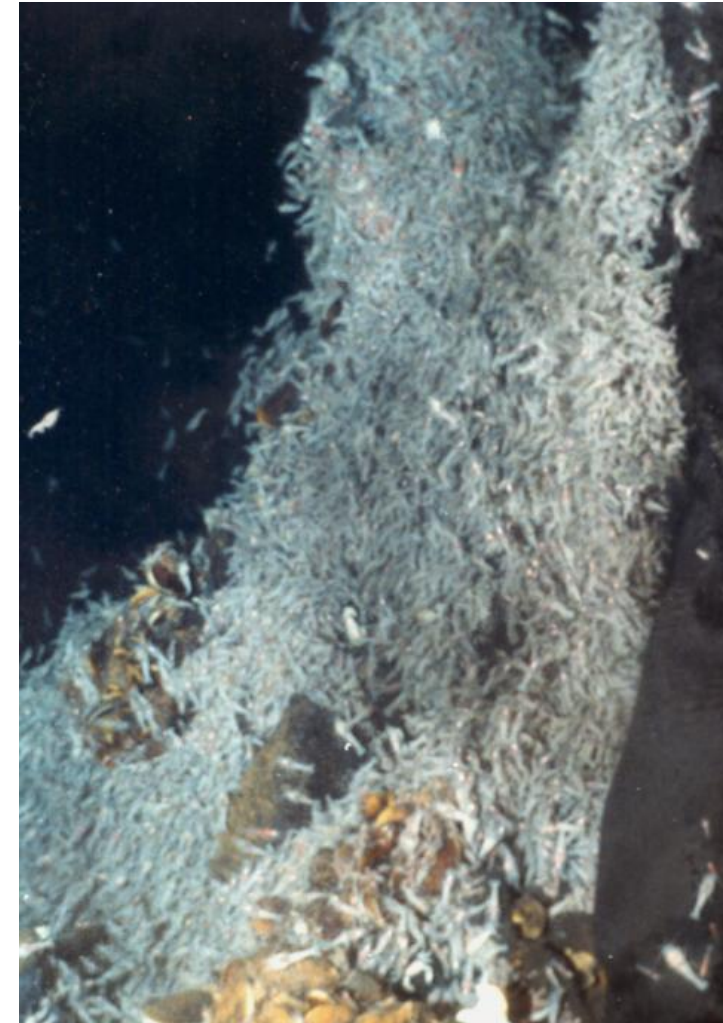
Не выражена

Rimicaris exoculata

Chorocaris chasei,
Bathymodiolus sp.,
Calyptogenia sp.

Chaetopteridae

Actinaria

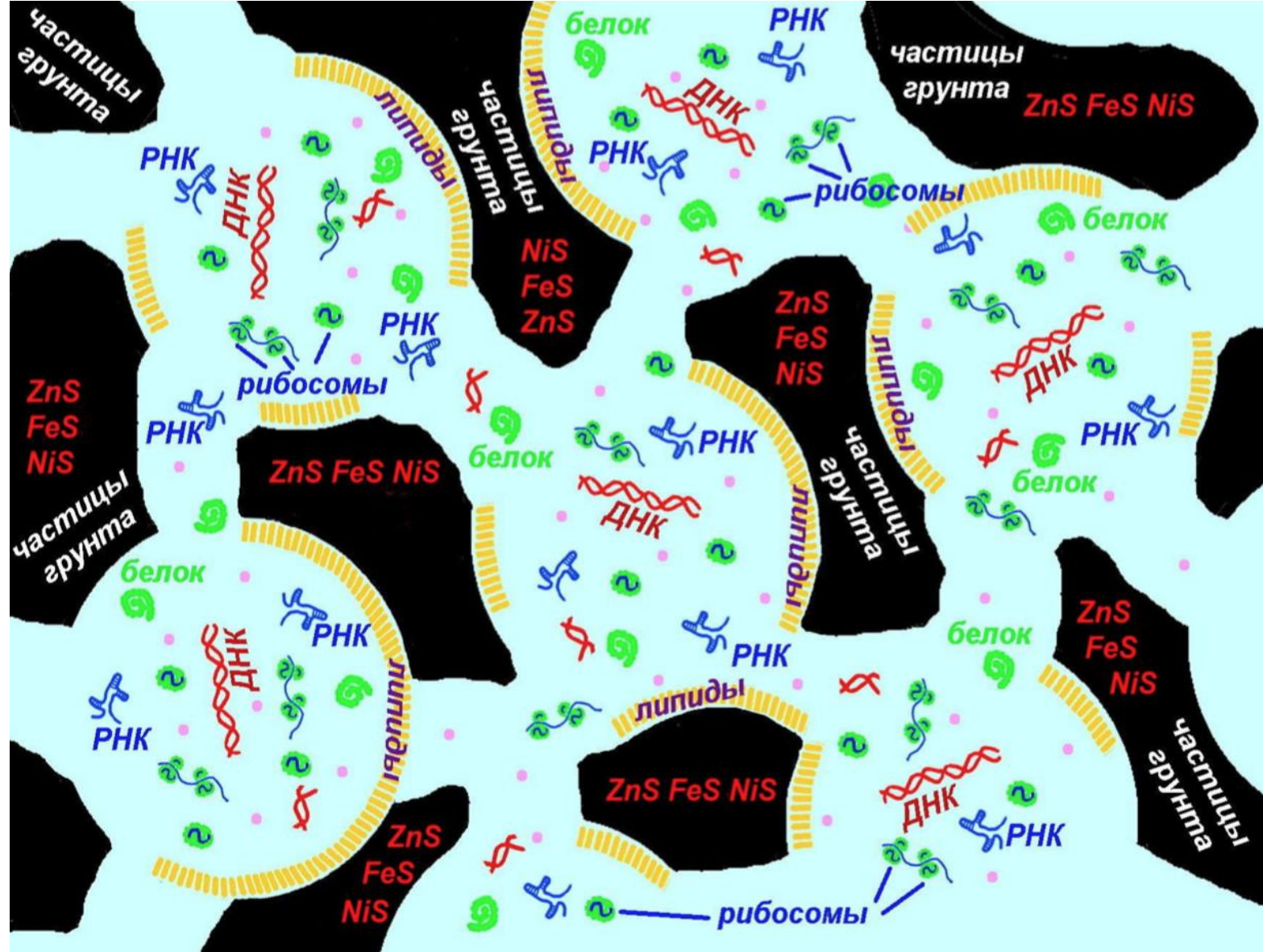


Закономерности вертикального распределения гидротермальной фауны

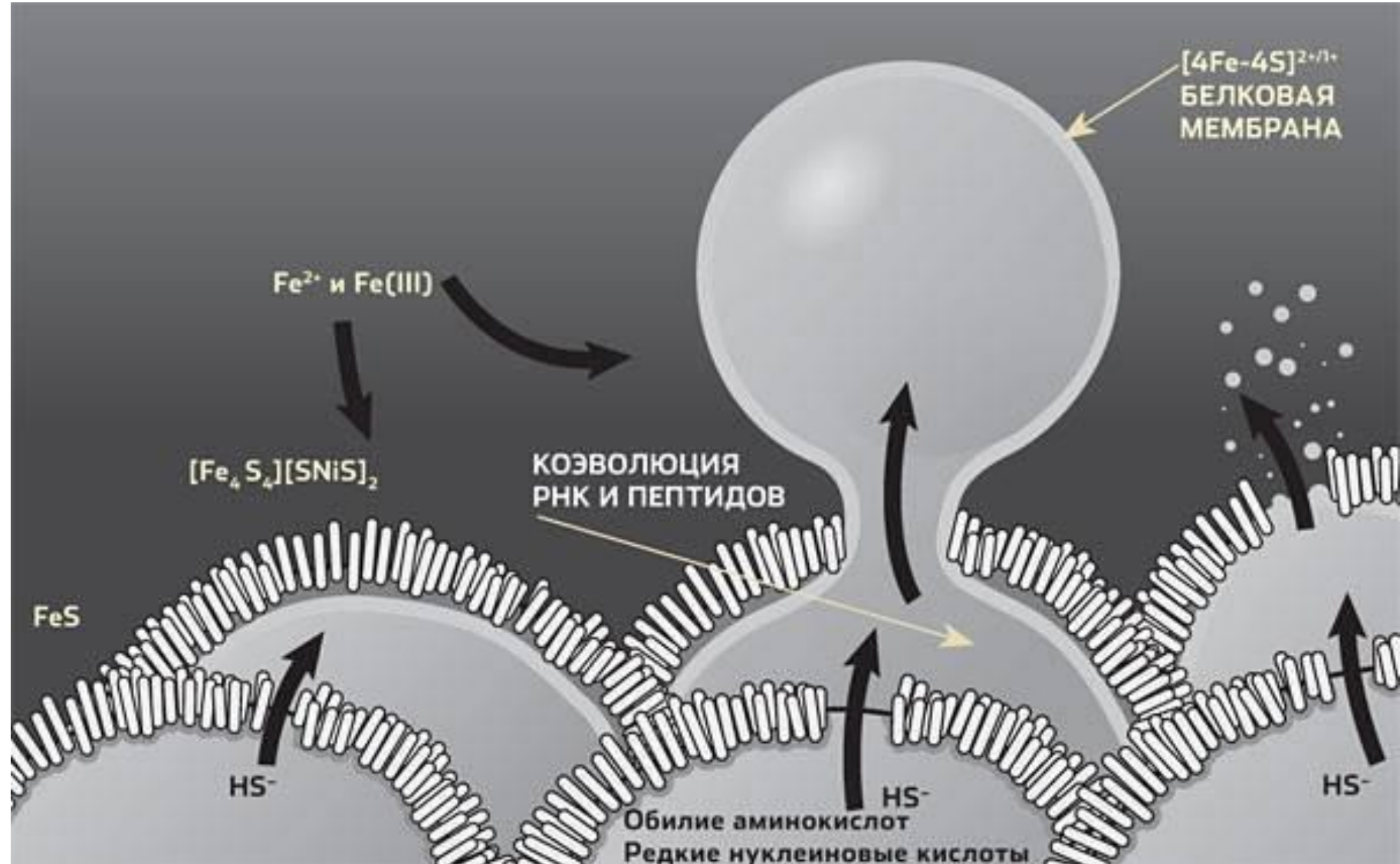
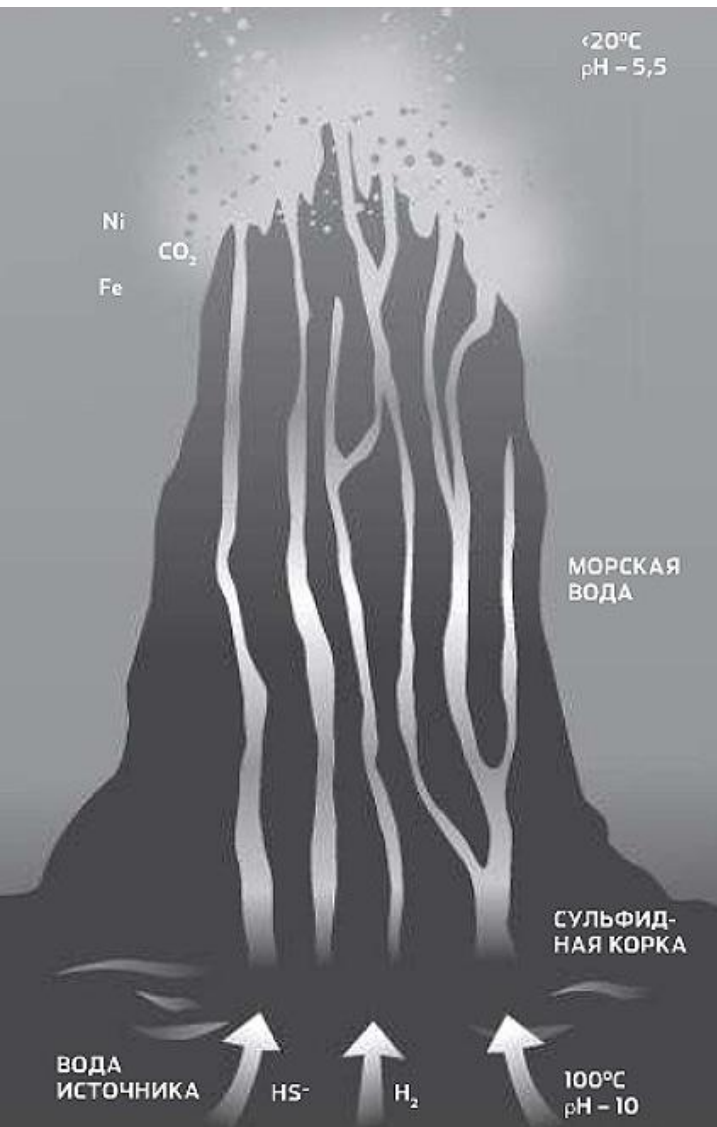
Граница между «мелководными» и «глубоководными» гидротермальными сообществами проходит на глубине ~ 200 м

Глубина	< 200 м	> 200 м
Ранг облигатных таксонов	Вид (обычно отсутствуют)	Род, семейство
Доля облигатных видов от общего числа видов	0 – 3%	> 30%
Доминирование облигатных видов в сообществах	–	+

Гидротермы – колыбель жизни?



*Слайд взят из презентации В.В. Малахова «Происхождение жизни на планете Земля»



- М. Федонкин. Тяжёлый металл биогенеза // Популярная механика, №3, 2011

Источники:

- С.В. Галкин. Пространственно-экологическая структура и география гидротермальных сообществ // Биология гидротермальных систем. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2002.
- А.П. Кузнецов. Происхождение и эволюция гидротермальной системы океана // Биология гидротермальных систем. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2002.
- Г.М. Виноградов, М.Е. Виноградова. Влияние гидротермальных полей на океанический планктон // Биология гидротермальных систем. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2002.
- И.А. Жирков. Биогеография общая и частная: суши, моря и континентальных водоемов. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2017.
- М. Федонкин. Тяжёлый металл биогенеза // Популярная механика, №3, 2011.
- Использованы иллюстрации из вышеупомянутых источников, а также с сайта www.en.wikipedia.org и из презентаций А.В. Гебрука «Большой лик океана: глобальные закономерности распределения бентоса» и В.В. Малахова «Происхождение жизни на планете Земля»

Спасибо за внимание!

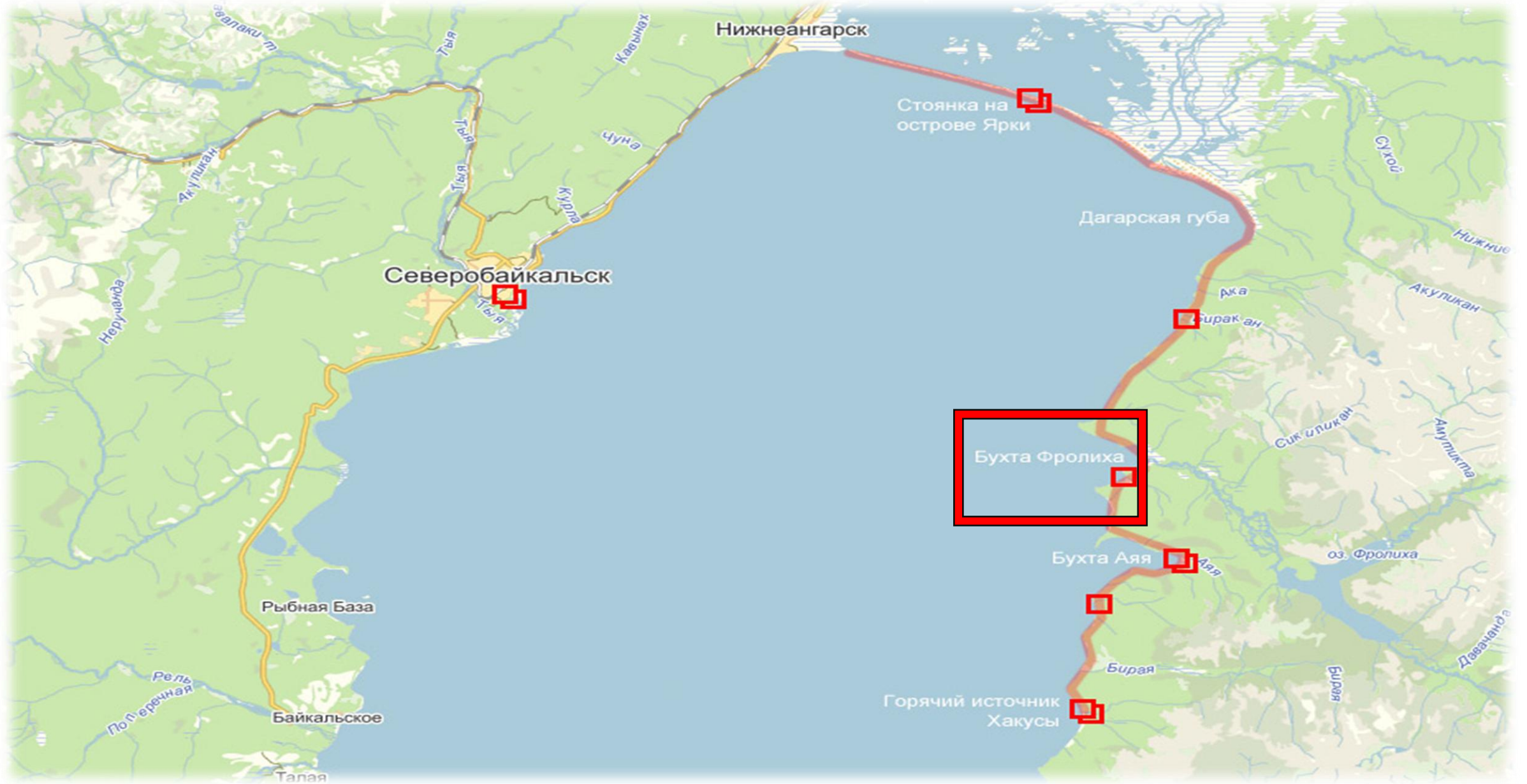


Гидротермальная фауна Байкала



Наталья Пушкина

Бухта Фролиха



Серные бактерии - *Thioploca ingrica* Maier

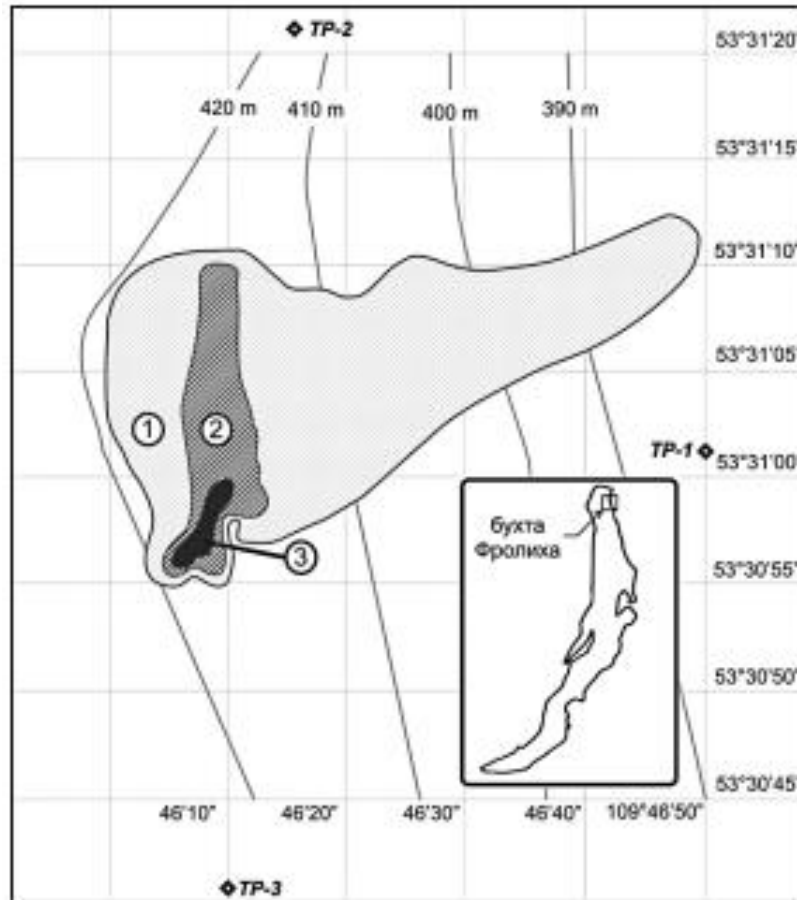
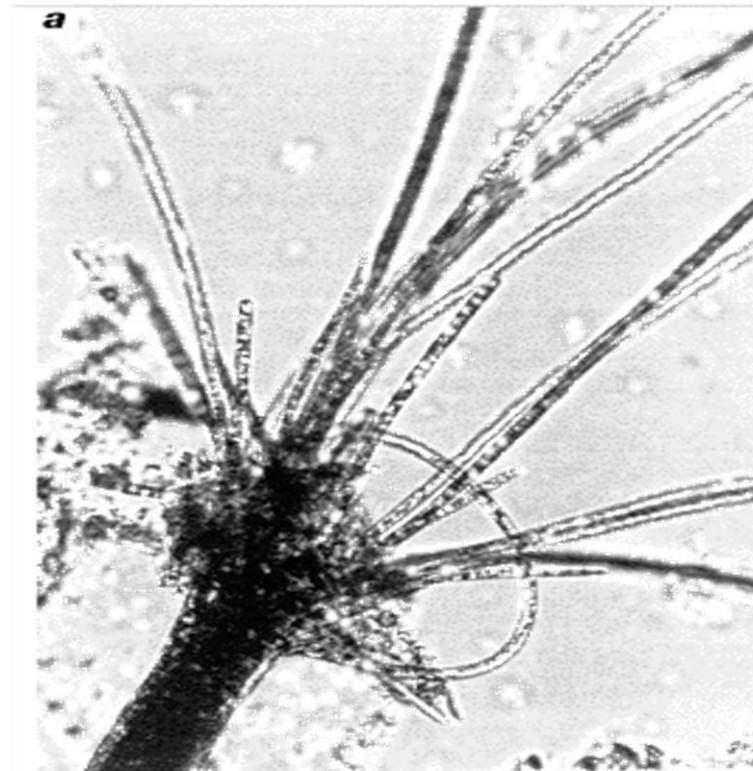


Рис. 1. Карта распространения бактериальных матов в районе гидротерм бухты Фролиха, построенная по результатам наблюдения из ГОА «Пайсис-11» с привязкой к гидроакустическим маякам:

1 — область проявления бактериальных матов; 2 — повышенное распространение бактериальных матов; 3 — максимальное распространение бактериальных матов;



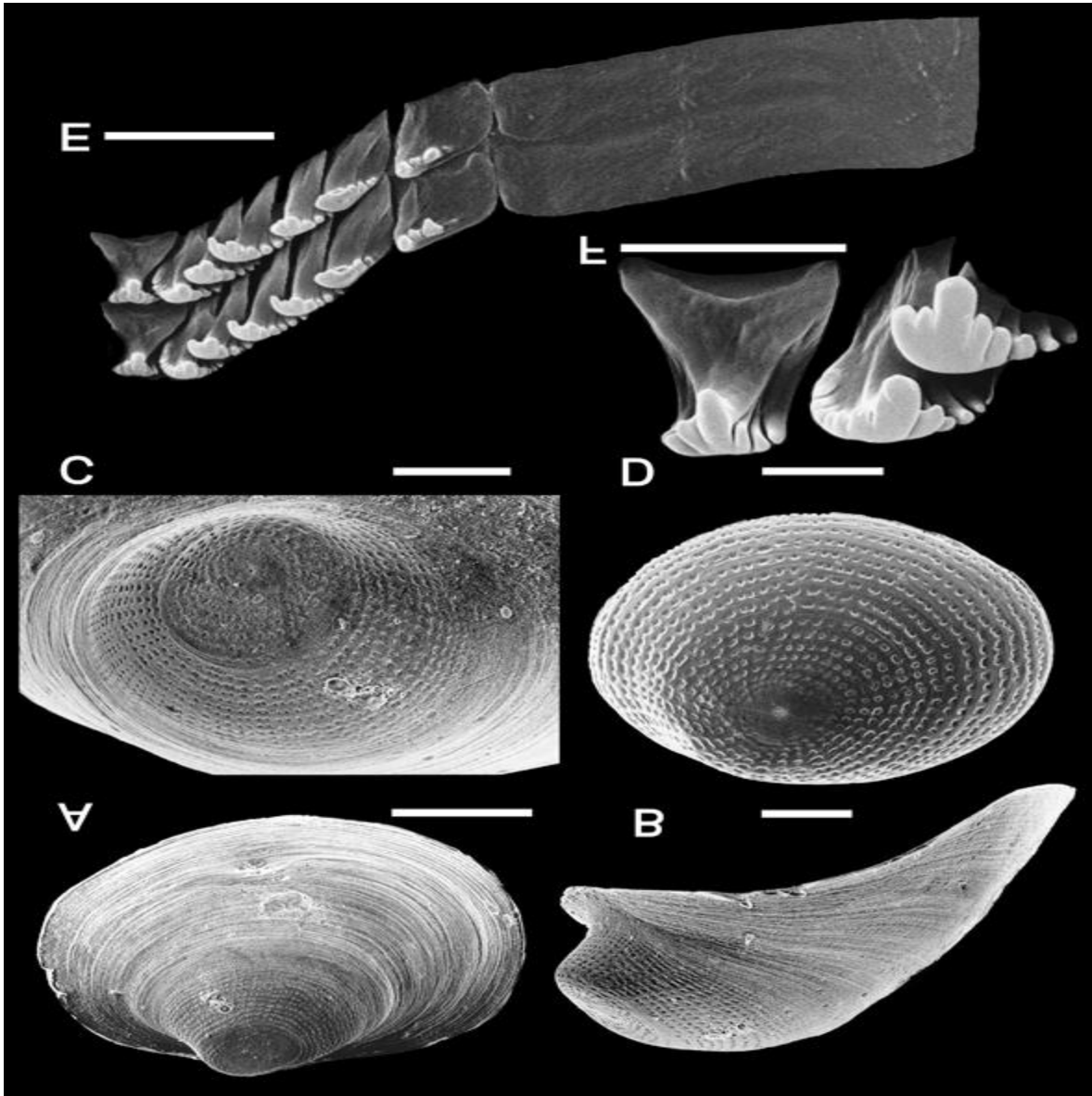
Мейобентос

- Нематоды – **мягкие илы**
- Циклопы – *Acanthocyclops profundus*, *Paracyclops baicalensis*, *Cyclops kolensis* – **осадки**
- Остракоды – *Candona* spp. – **периферия матов**
- Гарпактициды
- Мелкие турбеллярии
- Псаммофильные инфузории
- Коловратки-бделлоиды – **маты**

Макрозообентос

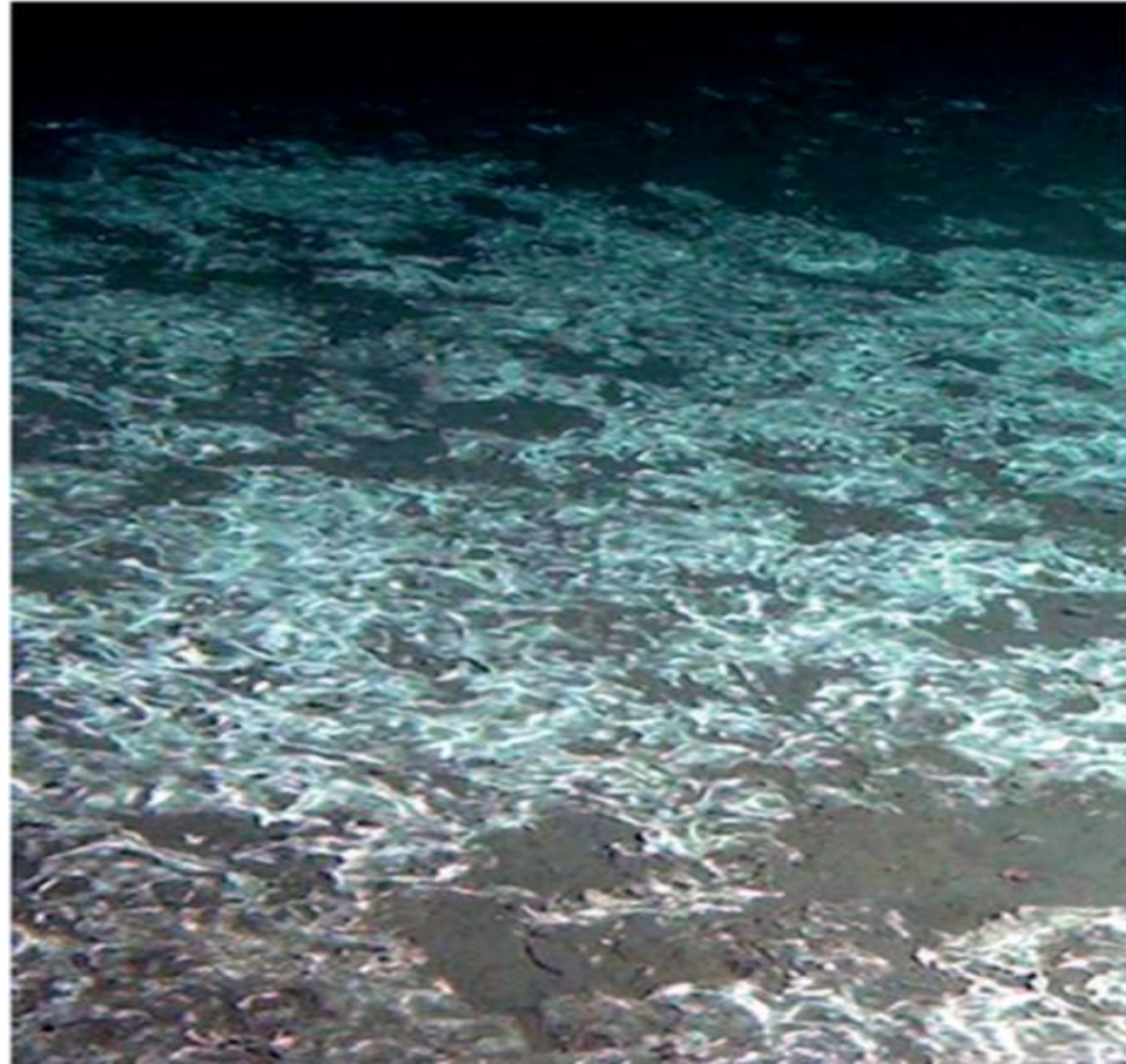
- Олигохеты достигали 69% от общей численности и 61% биомассы, 23 вида
- Хирономиды – 25% от общей численности и 33% биомассы
Sergentia flavodentata и *S. nebulosa*.
- Амфиподы – 10+ видов
- Планарии сем. *Dendrocoelidae* и род *Bdellocephala*
- Губки *Baikalospongia intermedia*
- Гастроподы *Benedictia pumila* и *Pseudancylastrum frolikhae*

Моллюски



Pseudancylastrum frolikhae

Бактериальный мат



Губки



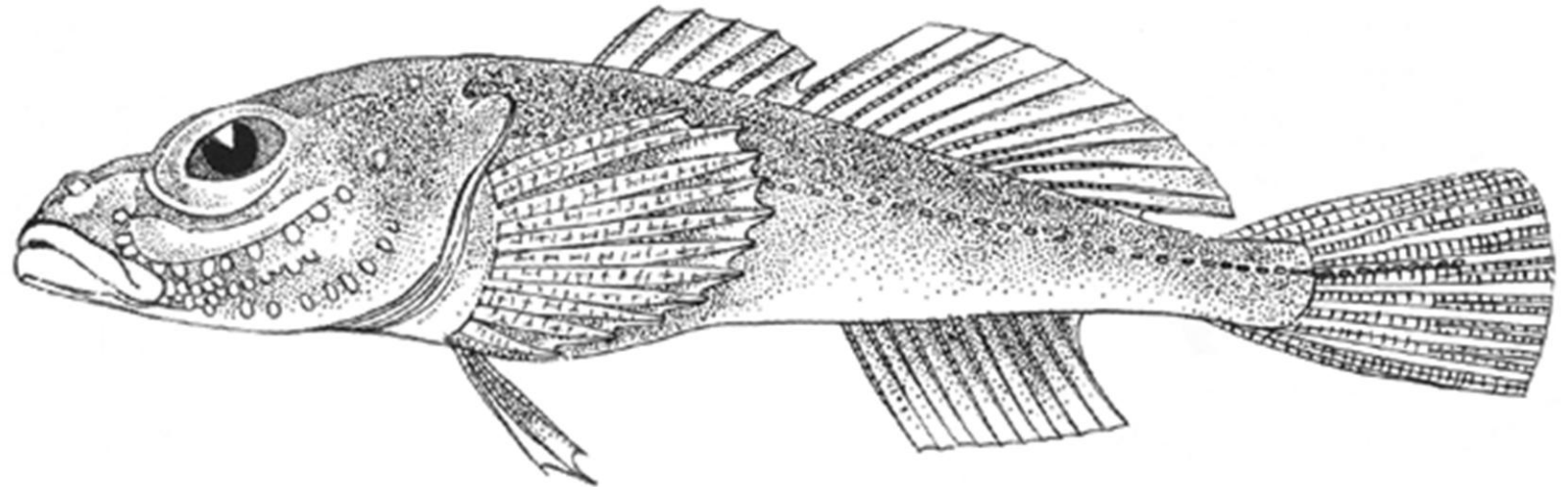
Губки гидротерм лишены фотосимбионтов, выделенная из них микрофлора близка к таковой на гидротермах в целом.

Хирономиды



Личинки хирономид – важная часть фауны Байкала, они встречаются на большом диапазоне глубин (иногда более 1,5 км)

РЫБЫ



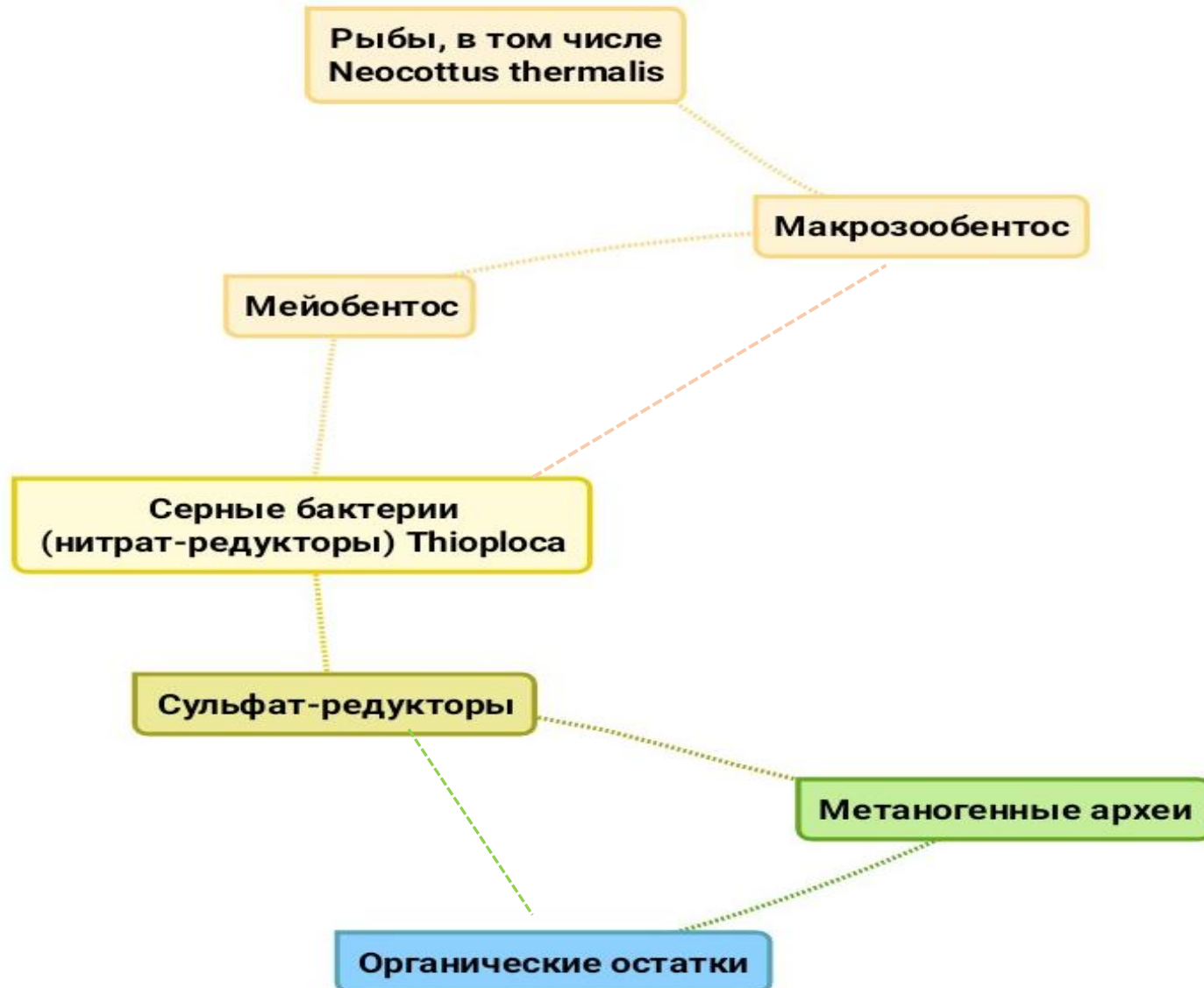
70–90% всех рыб - *Neocottus thermalis*, семейство Cottidae, облигатный вид



Таблица 3. Изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$) донных рыб, консументов 2-го порядка на гидротермальном поле (14.08.2009, глубина 461 м)

<i>Neocottus thermalis</i>	$\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$	$\delta^{15}\text{N}, \text{‰}$
Экземпляр I	-66,18	3,09
Экземпляр II	-68,81	1,86
Экземпляр III	-68,83	1,68

Трофическая структура



Основной источник углерода – метан донных отложений, в том числе биогенный. Бактерии объединены в сообщества и вместе с органикой, приносимой р. Фролиха, служат основой рациона беспозвоночных, которыми питаются рыбы.

(В.Г. Сиделёва, В.А. Фиалков, 2015)

Источники

- В.Г. Сиделёва, В.А. Фиалков. Коттоидные рыбы (Cottoidei) в глубоководном гидротермальном сообществе в бухте Фролиха, оз. Байкал. 2015.
- И.А. Кайгородова. Глубоководная фауна олигохет (Annelida, Oligochaeta) в районе гидротермального источника бухты Фролиха, оз. Байкал (Сибирь, Россия). *Journal of Siberian Federal University. Biology* 2 (2011, 4), 117-132.