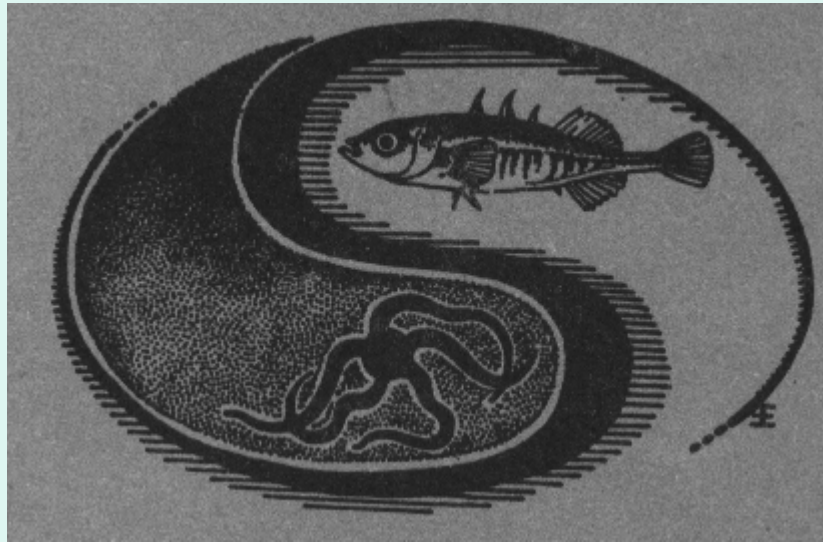


Процессы в градиенте солёности природных вод

В.В.Хлебович



Минимум видов

- **До 5-8‰ доходит минимум морских и минимум пресноводных видов. Обнаруженное впервые в Балтике явление минимума видов (Artenminimum – Remane, 1934) было затем показано для многих водоемов с градиентом солености.**

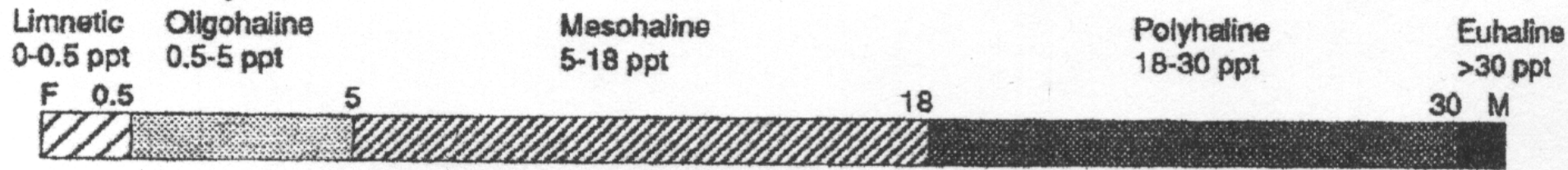
5-8‰ – это и предел размножения эвригалинных форм.

Принципиальная экологическая граница.

Венецианская система

A. J. Bulger et al.

Venice System



Biologically-based Estuarine Salinity Zones

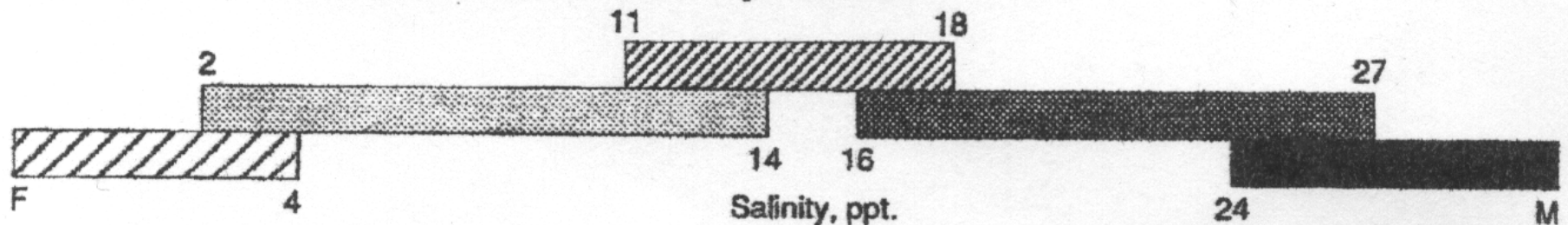


Fig. 1. Comparison of Venice System and estuarine salinity zones derived from multivariate analysis.

Водные фауны и соленость

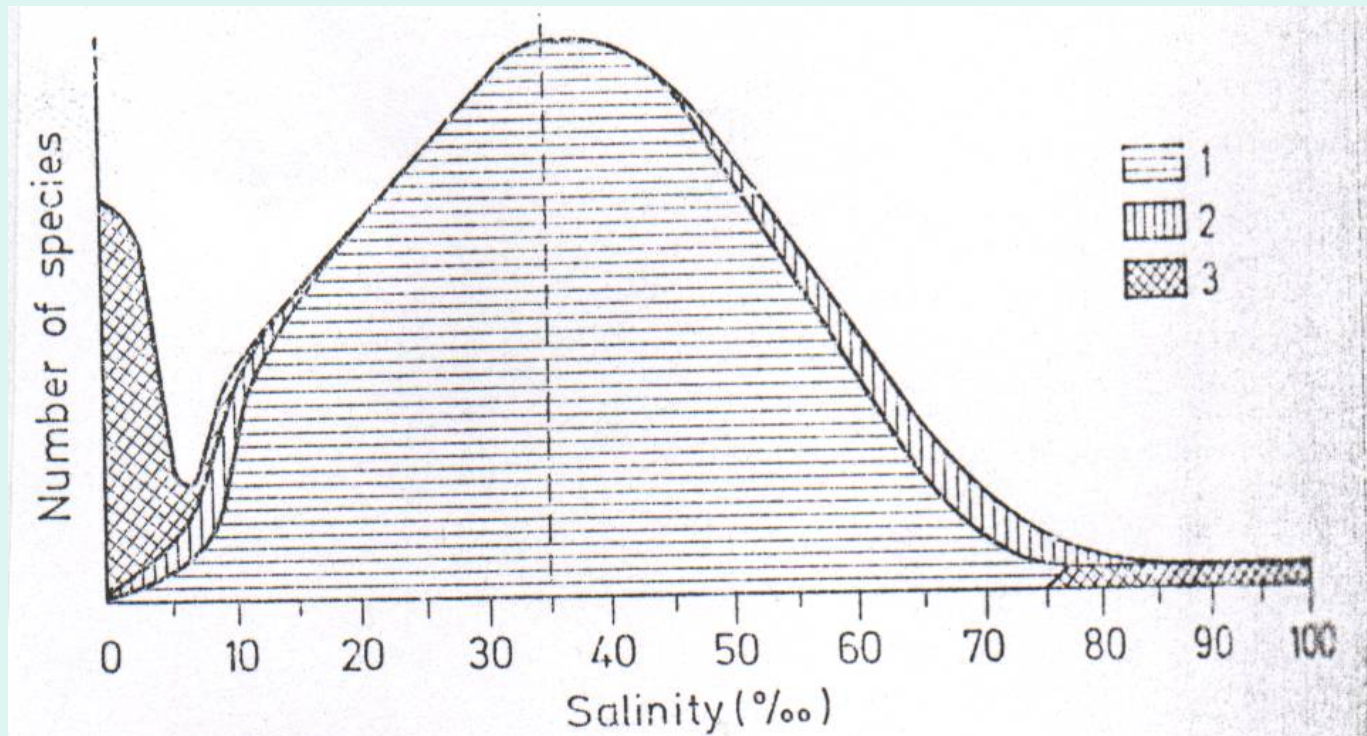


Fig. 1. Number of marine animal species (1), brackishwater and euryhaline estuary-living animal species of marine origin (2), and freshwater-living animal species or their descendants (3). The left side of the diagram is adapted from REMANE (1934), the right side constructed on the basis of data published by HEDGPETH (1959). (After KHLEBOVICH, 1962)

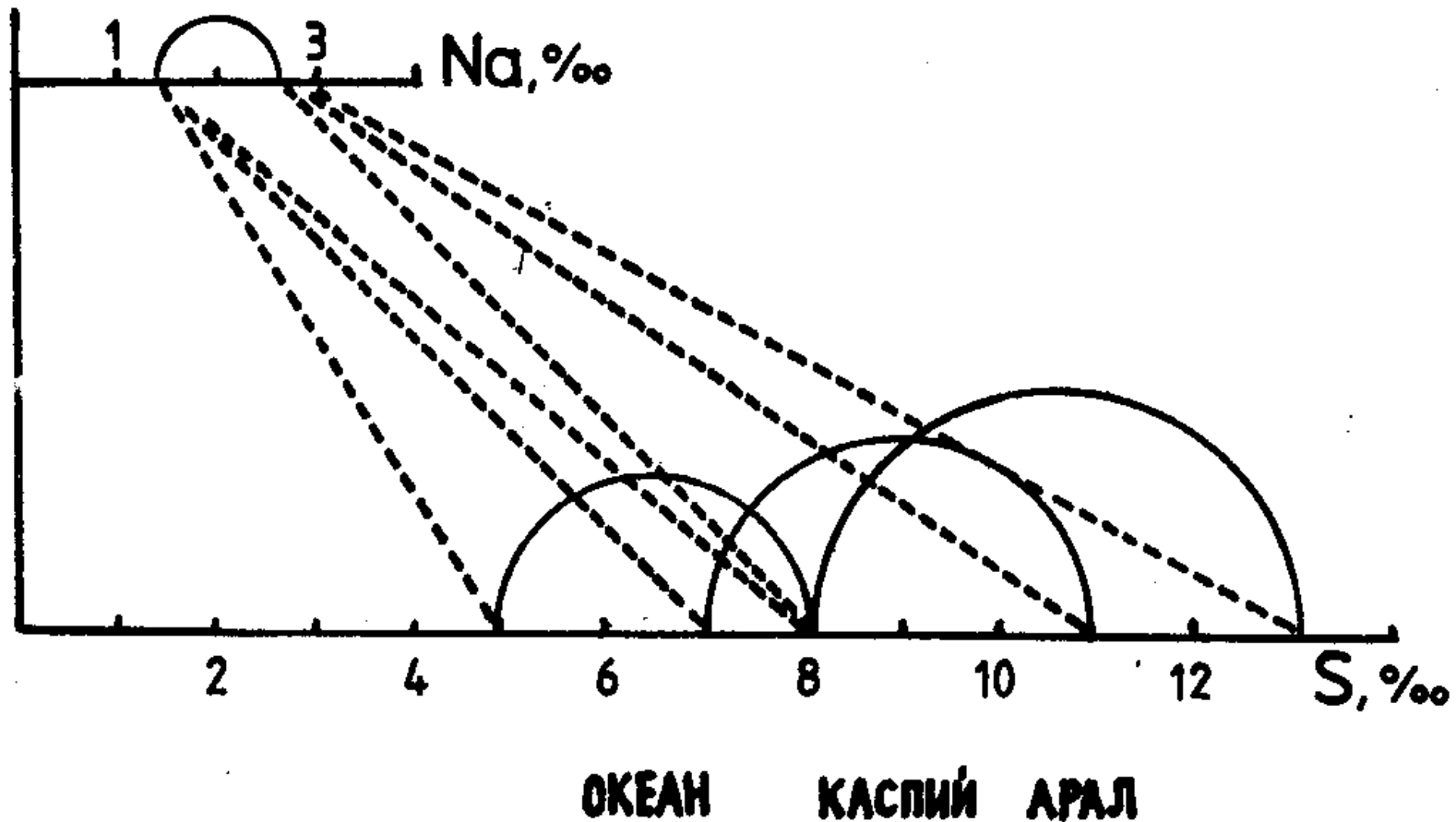


Рис. 4. Смещение критической солёности в сторону более высоких концентраций в водах Каспийского и Аральского морей по сравнению с водой с океаническим составом солей

Размножение и развитие эвригалинных организмов

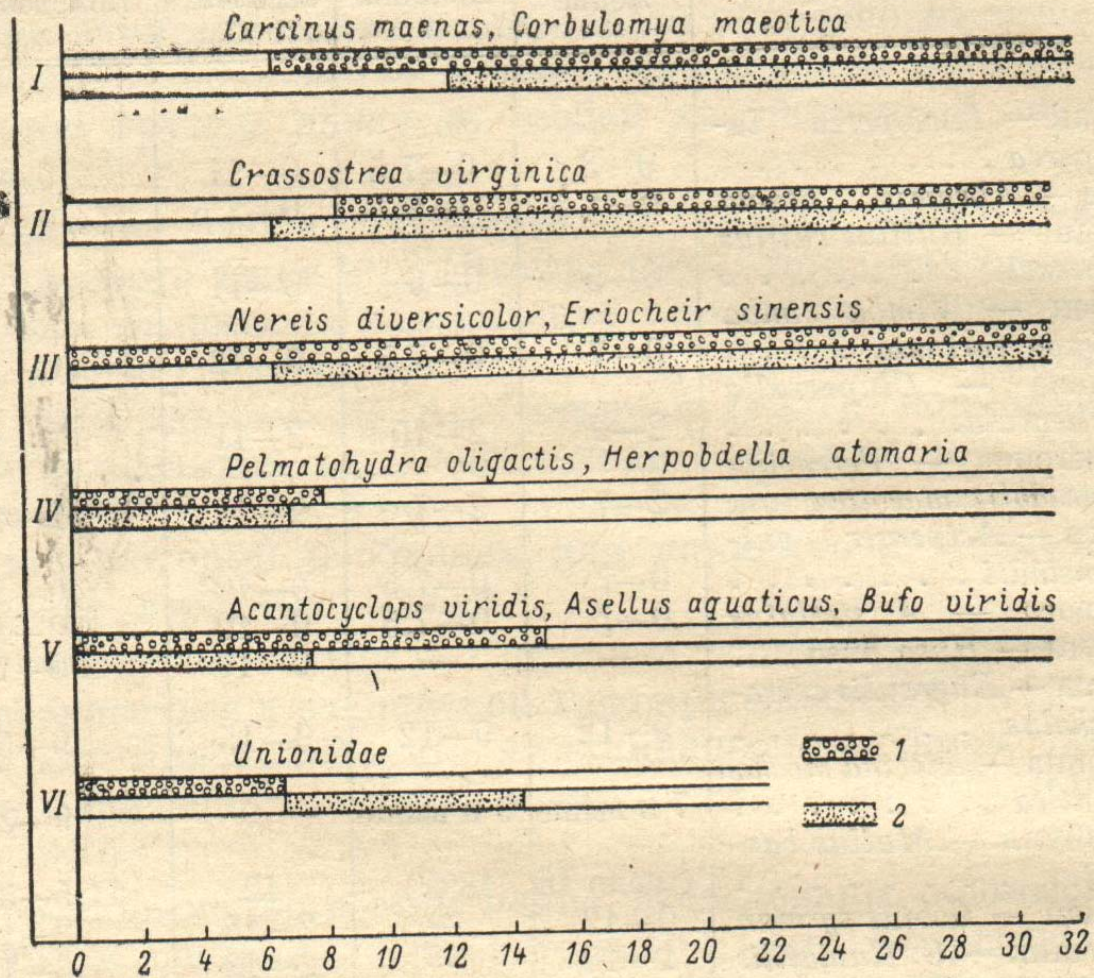


Рис. 31. Некоторые типы (I—VI) соотношений экологического соленостного спектра личинок и взрослых организмов.

Ca/Cl и правило Кнудсена

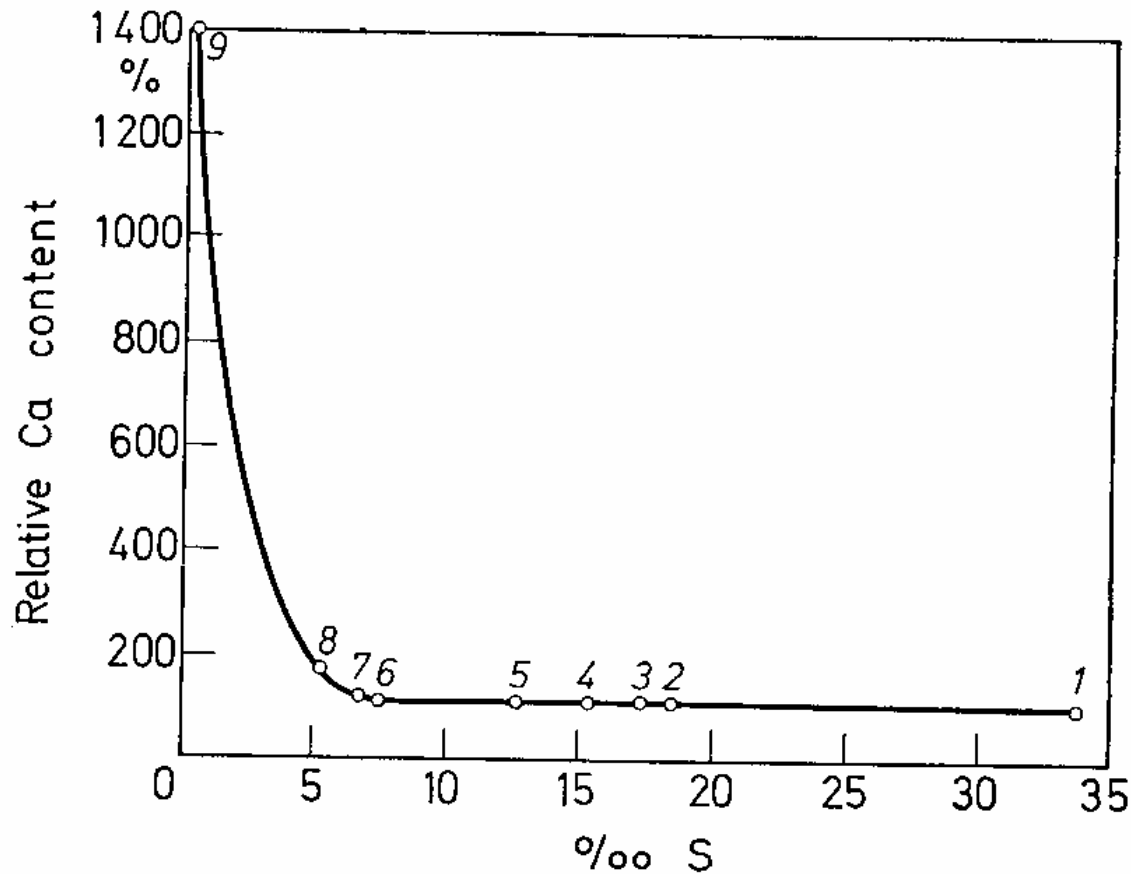


Fig. 1. Relative calcium content as a function of salinity at various localities. 1 near Oslo, 2 Kiel-Bay, 3 Bornholm Deep, 4 east coast of the Baltic Sea, 5 Kiel Inlet, 6 Arkona Deep, 7 east coast of the Baltic Sea, 8 estuary of the Schwentine River, 9 estuary of the Schwentine River. (Based on data by WITTIG, 1940)

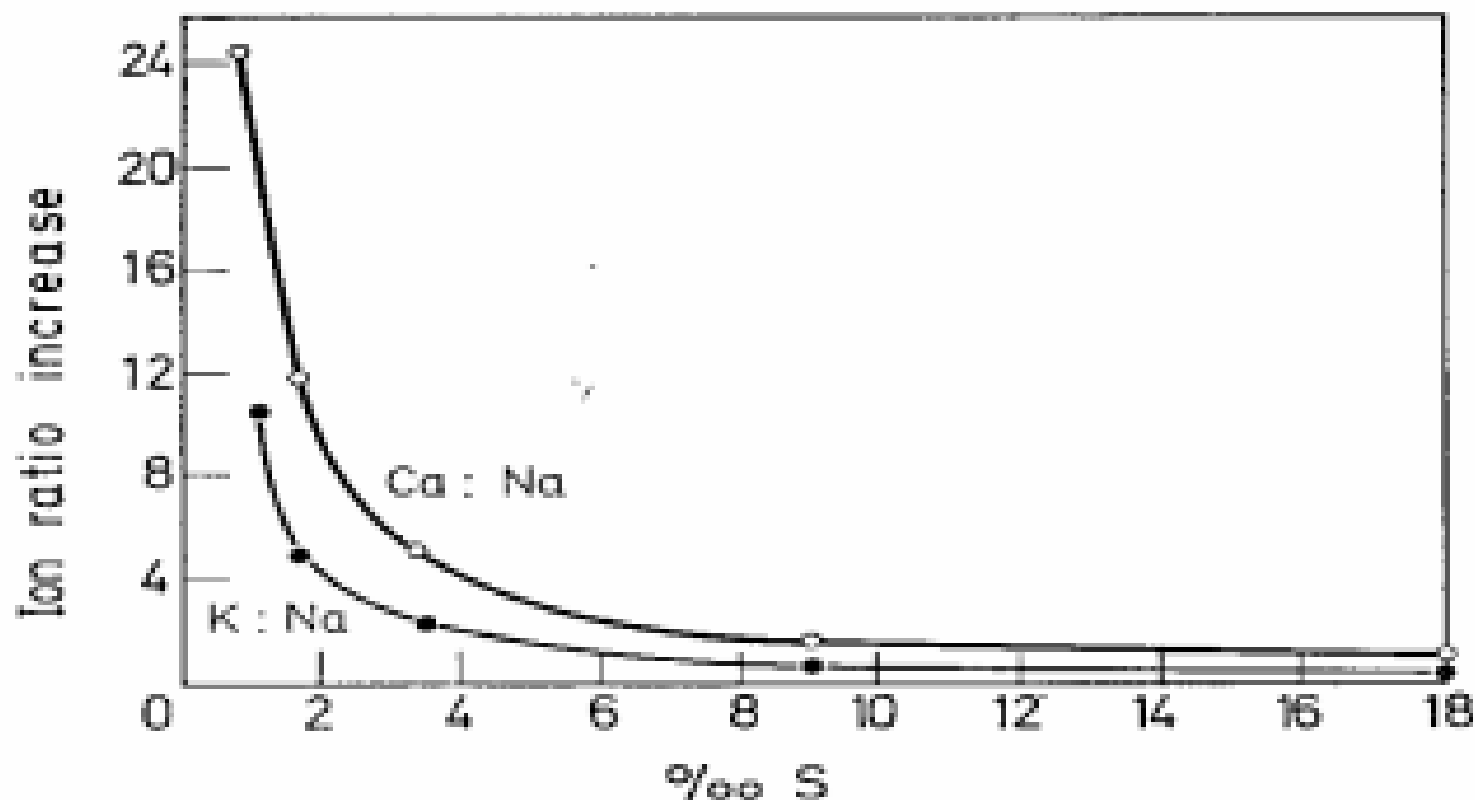
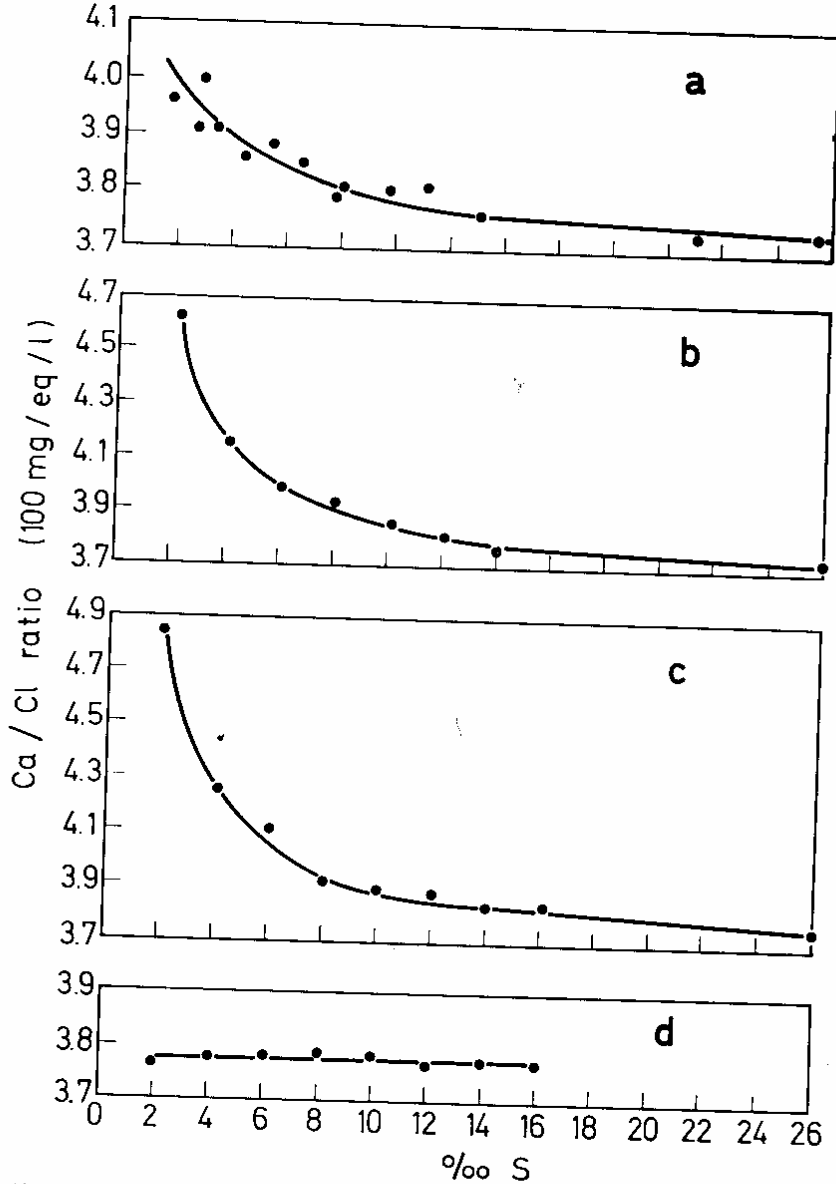


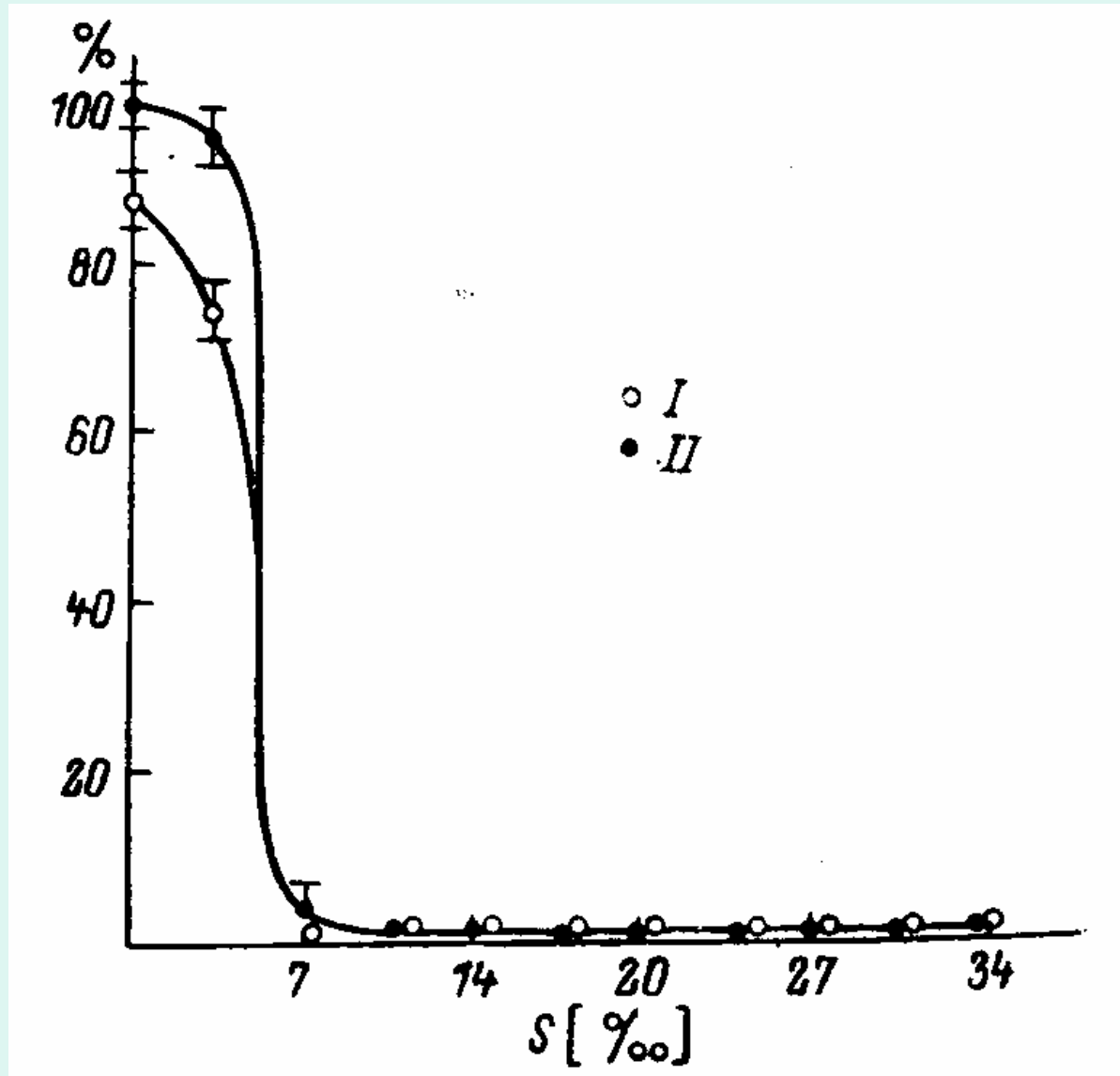
Fig. 2. Relative increase of the ion ratios K:Na and Ca:Na in waters of different salinities in Bute and Knight Inlets, British Columbia. Ordinate: Ion ratio increase above 100% (normal sea water). (Based on data by KIRSCH, 1956)



Ca/Cl

Fig. 5 a—d. Changes in the ratio Ca:Cl as a function of the degree of dilution of the White Sea water; a in the Keret River estuary; b artificial dilution with Keret water in the laboratory; c artificial dilution with Lake Krivoye water saturated with Calcium carbonate; d artificial dilution with distilled water

Свойства Zn (Е.Н.Шумилин)



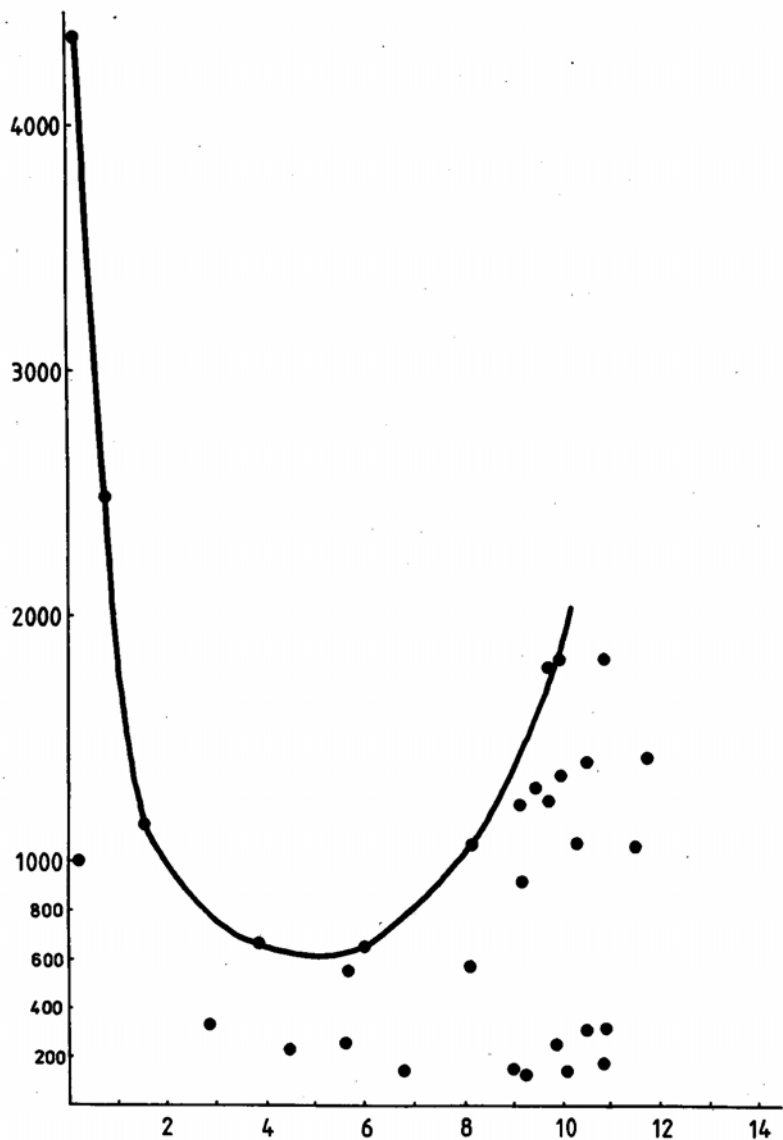


Рис. 2. Зависимость содержания кремния в водах Северного Каспия (август 1981 г.) от величины солености — шкала обычная
По оси абсцисс — соленость, ‰; По оси ординат — концентрация кремния, мг/м³

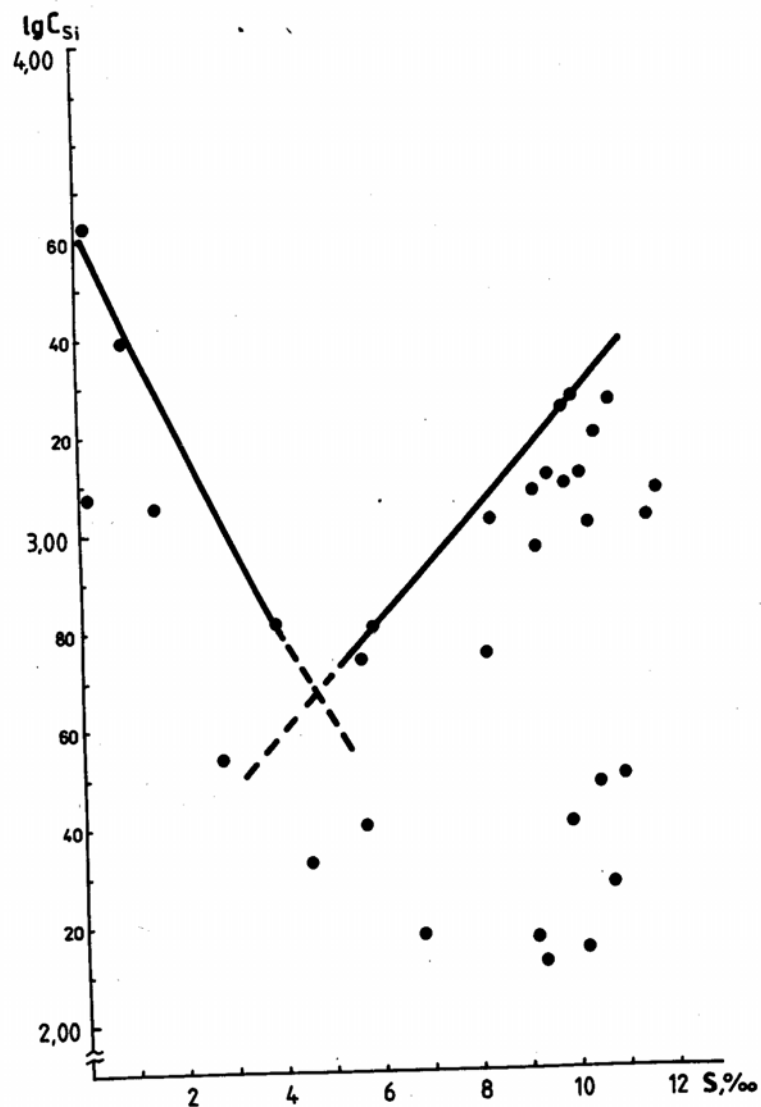


Рис. 3. Зависимость содержания кремния в водах Северного Каспия (август 1981 г.) от величины солености — шкала полулогарифмическая
По оси абсцисс — соленость, ‰; по оси ординат — логарифмы концентрации кремния, мг/м³

**О. Kinne (1972) предложил
называть внешнюю солоеность
около 5-8 промилле
("экологическую часть
критической солоености" -
horohalinicum
horeo, греч.= разделяю**

•

Хорогалинные зоны



There Is No Horohalinicum¹

LEWIS E. DEATON

MICHAEL J. GREENBERG

C. V. Whitney Laboratory

University of Florida

Route 1, Box 121

St. Augustine, Florida 32086

ABSTRACT: Species abundance declines to a minimum (the *Artenminimum*) between 5 and 8‰, not only in estuaries, but in all bodies of brackish water. Khlebovich (1968) examined published hydrochemical data for estuaries and concluded that sharp changes in the ionic composition of seawater diluted with fresh water occur at salinities below 5 to 8‰. He further argued that these ionic changes constitute a physico-chemical barrier between marine and freshwater faunas. Kinne (1971) gave the name "horohalinicum" to the segment of the salinity gradient between 8 and 5‰. We have re-examined the data used by Khlebovich (1968) and found that, in fact, while the ionic composition of diluted seawater changes *slightly* between 8 and 5‰, the changes in ionic ratios below 2‰ are much larger. Thus, the proposed physico-chemical barrier does not exist between 8 and 5‰; it cannot then explain the *Artenminimum*; and there is no basis for the horohalinicum concept of Kinne (1971). Two ecological explanations for the occurrence of the *Artenminimum*—a species-area effect and the stability-time hypothesis—are discussed and found to be inconsistent with published data on species distributions in brackish waters. The low species diversity of brackish water may be explained, in part, by two factors: few animals evolve those physiological mechanisms required for life in the variable habitat; and these species, which are very eurytopic, have low rates of speciation.

lar numbers of molluscan species. Finally, the stability-time hypothesis does not explain why relatively young freshwater lakes, such as lakes Oneida and Cross, are more diverse than the Baltic Sea (Fig. 5), even though their recent geologic histories are very similar. Comparisons between freshwater lakes and brackish seas may seem inappropriate, but the salinity difference between the eastern Baltic and fresh waters is no larger than that between the Baltic and Caspian seas.

In summary, the stability-time hypothesis joins the species-area relationship in *not* explaining the Artenminimum.

THE ARTENMINIMUM: AN EVOLUTIONARY PERSPECTIVE

The species abundance-salinity curve of Remane (1934) can be redrawn to show that the number of brackish water species is maximal at about 8‰ (Fig. 6), an observation made about once every decade (Potts and Parry 1964; Barnes 1974). This diagram reminds us that brackish water should not be viewed as a harsh, marginal habitat for transient marine and freshwater species, but rather as a unique medium with its own well-defined, highly adapted fauna.

The uniqueness of this habitat is usually attributed to its physical and chemical variability (e.g., temperature, dissolved O₂, salinity) over geologic, as well as historic, time (Remane 1971). The physiological adaptations characteristic of the brackish water fauna comprise a set of mechanisms that have evolved in response to this environ-

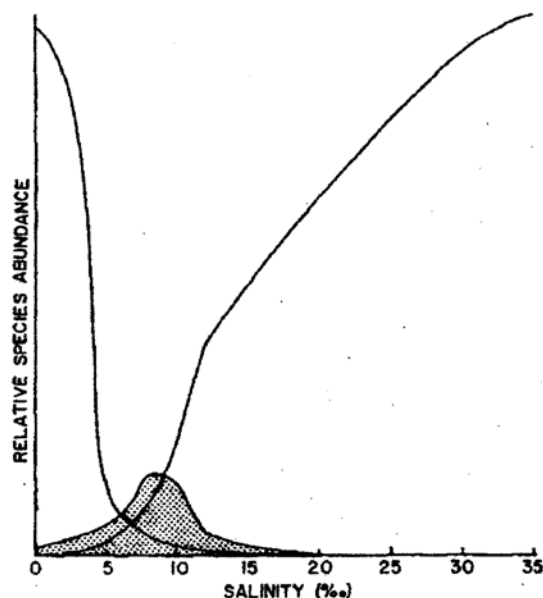


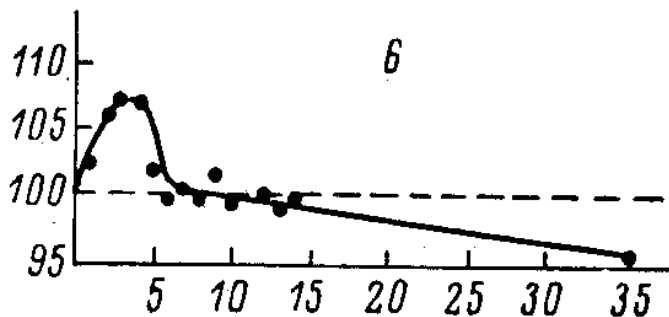
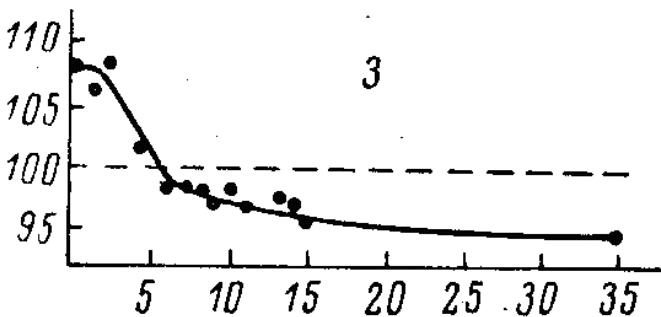
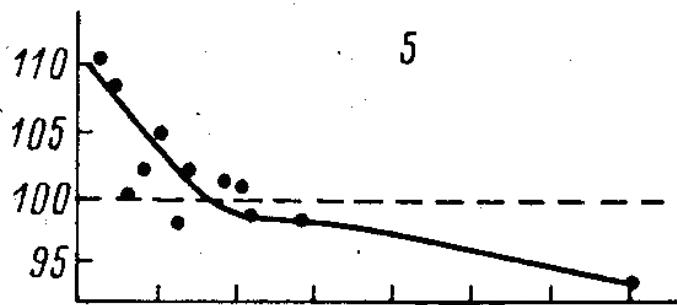
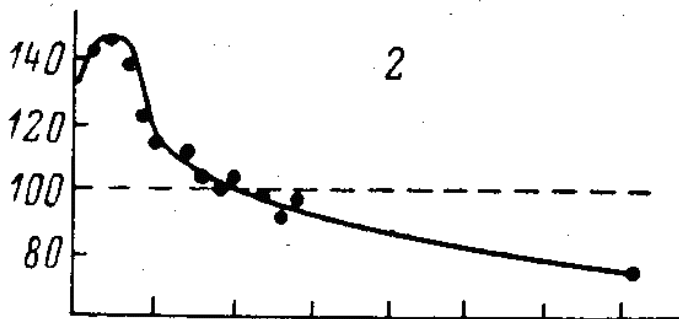
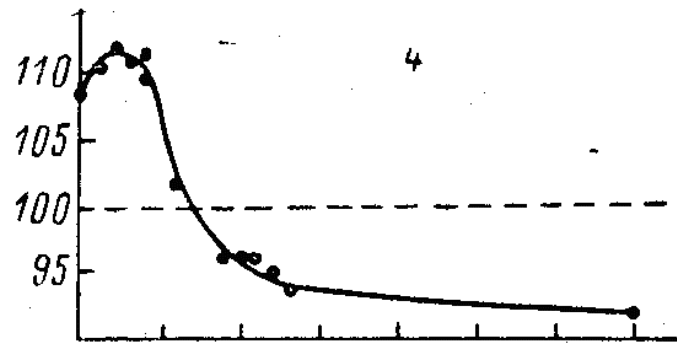
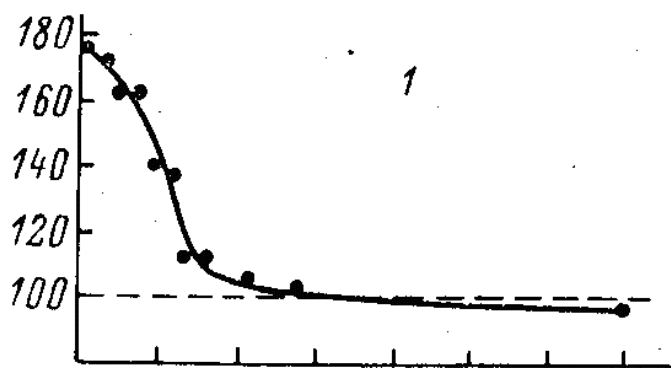
Fig. 6. The species abundance-salinity relationship. Freshwater species are represented by the curve on the left, marine species by that on the right, and brackish water species by the shaded area. The vertical distance from the baseline to the curve represents the relative number of species at any given salinity (redrawn from Remane 1934; see Fig. 1).

of immigration by marine species into brackish waters. As for freshwater species, despite their brackish water ancestry, most cannot tolerate brackish habitats (Remane 1971). Thus successful adaptation to the extremely dilute conditions of fresh water is apparently accompanied, in all but a few groups, by the irreversible loss of tolerance to small increases in salinity.

Although low rates of adaptation and col-

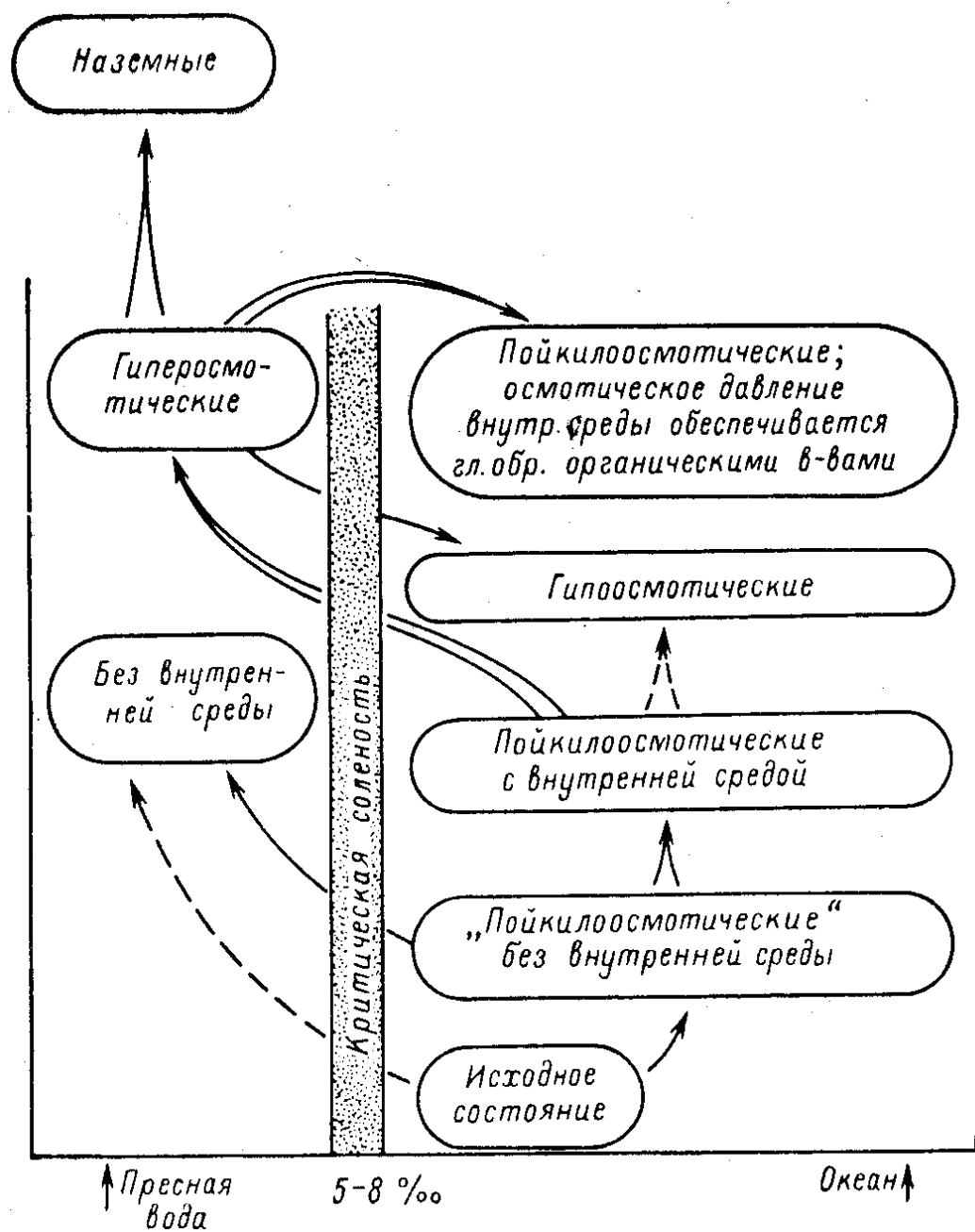
Сходство ионного состава морской воды и внутренних жидкостей организмов (во время Второй Мировой войны морская вода использовалась как кровезаменитель в блокадном Ленинграде и британских войсках)- дало основание говорить о **внутренней солености**, выражая ее в принятых в гидробиологии единицах, ‰.

Оказалось, что внутренняя соленость около 5-8‰ погранична для физиологических и биохимических процессов.



Зависимость оптической плотности тканевых вытяжек пресноводных животных от солености среды. (По: Хлебович, 1966).

1 — гепатопанкреас *Astacus astacus*; 2 — печень *Gasterosteus aculeatus*; 3 — жабры и мантия *Unio pictorum*; 4 — кожно-мышечный мешок *Haemoris sanguisuga*; 5 — тотально *Spongilla lacustris*; 6 — печень *Viviparus contectus*. По оси абсцисс — соленость, ‰; по оси ординат — относительная оптическая плотность, % к контролю.



Основные пути эволюции соленостных отношений животных.

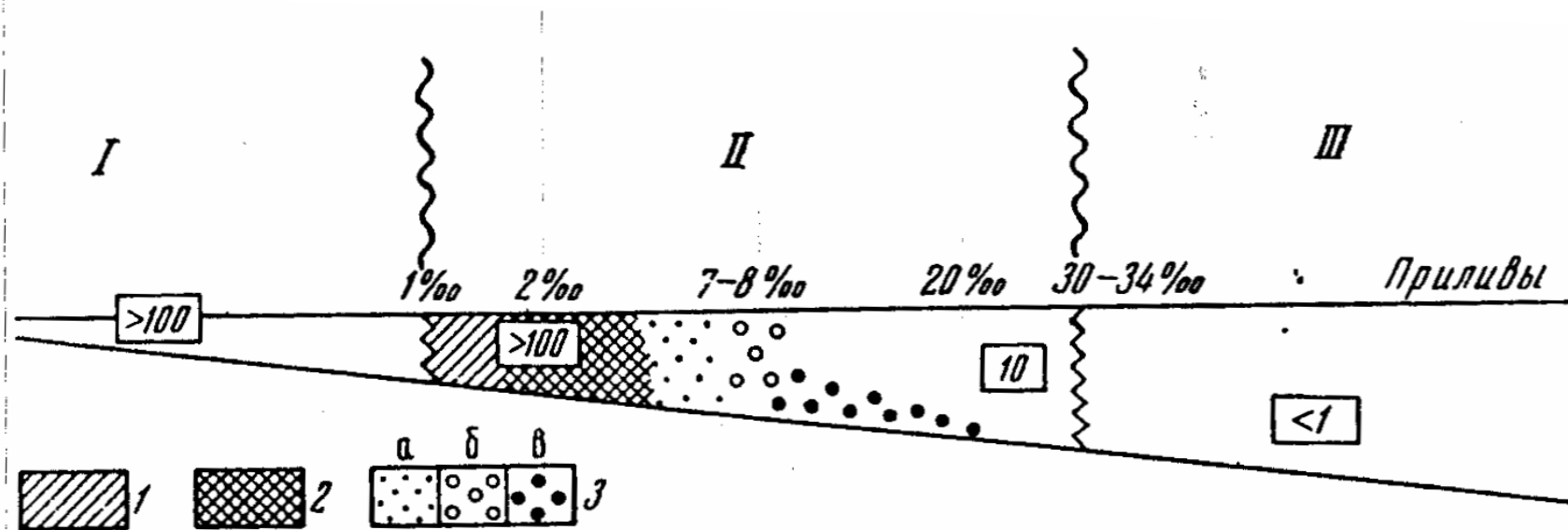


Рис. 1.10. Солевой барьер и главные процессы в зоне смешения речных и морских вод на схематическом разрезе через эстуарии. По Лисицыну, 1988.

I - пресные воды; II - солоноватые воды; III - соленые воды.

Области концентрации осадочного вещества на барьере река-море ("пробки"): 1 - иловая пробка (максимальная концентрация взвеси, значительно превышающая исходную речную); 2 - органико-минеральная (флоккуляция фульвово-кислот и гуминовых кислот растворенных в речной воде на контакте с морской водой, соосаждение растворенного железа и др.); 3 - биологическая пробка - расцвет фито-и зоопланктона солоноватых вод. Главные биологические процессы на барьере (3): а - массовое развитие фитопланктона; б - массовое развитие зоопланктона (фильтраторов); в - массовое развитие бентоса (донных фильтраторов). Типичные концентрации взвешенных веществ в воде на рисунке даны в рамках (в мг/л).

Концепция критической солёности:

(Хлебович.1974)

- Узкий солёностный диапазон 5-8‰ важнейший экологический барьер, разделяющий пресноводную и морскую фауны.**
- Этот барьер исторически определил физиологические адаптации пути эволюции при освоении новых сред.**
- Характер осадкообразования по обе стороны критической солёности – важнейший геологический фактор.**

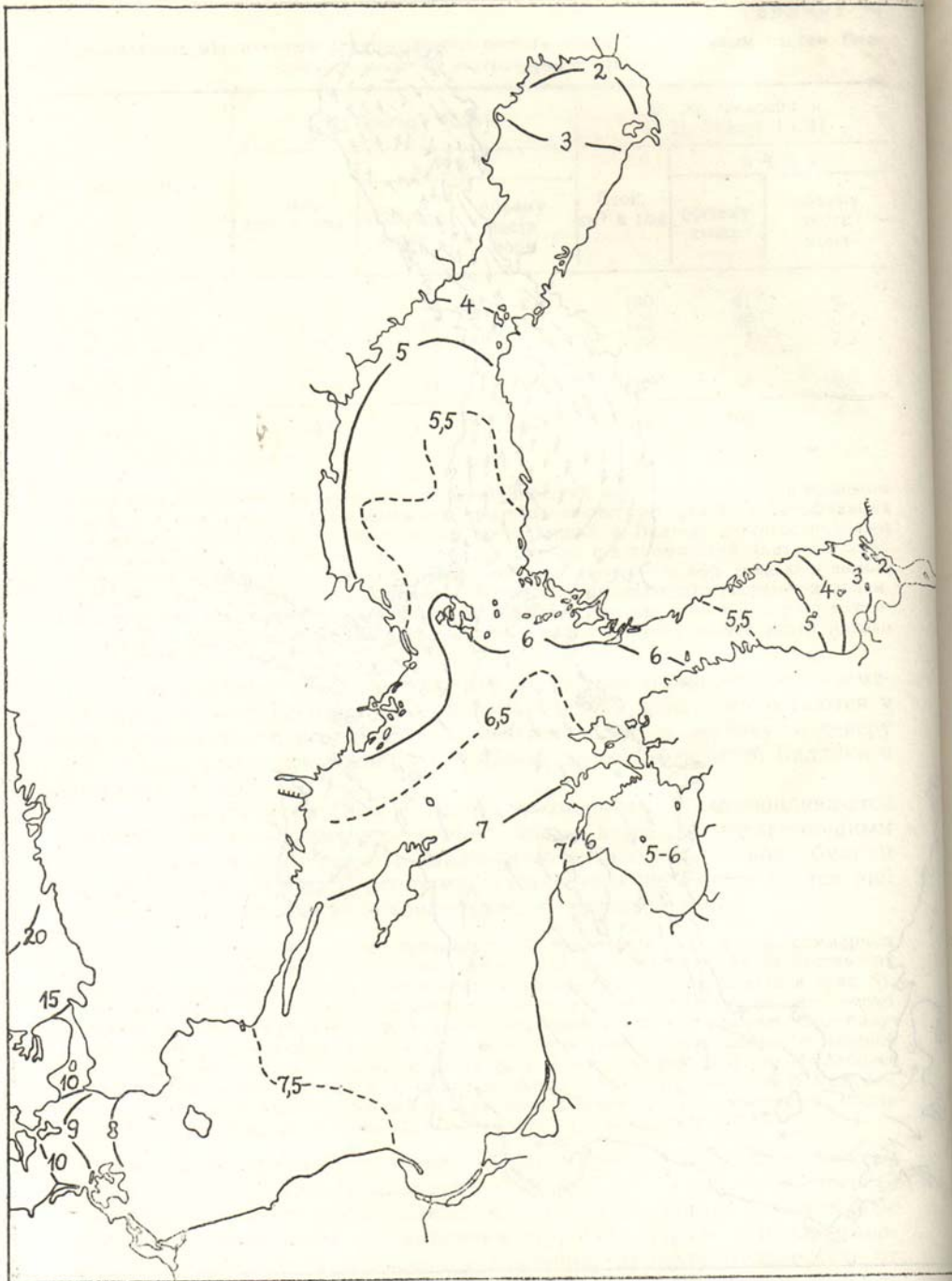
- **Эстуарные экосистемы развиваются в местах смешения речных и морских вод в градиенте солености. Термины эстуарий, дельта, лагуна относятся к геоморфологии. Если в этих объектах нет градиента солености, они не имеют отношения к эстуарным экосистемам. С другой стороны, к эстуарным экосистемам нужно отнести лагуны и рукава дельт, если на их пространствах происходит смешение речных и морских вод и развивается соответствующая биота.**

-

Эстуарные экосистемы подразделяются на приливно-отливные и бесприливные

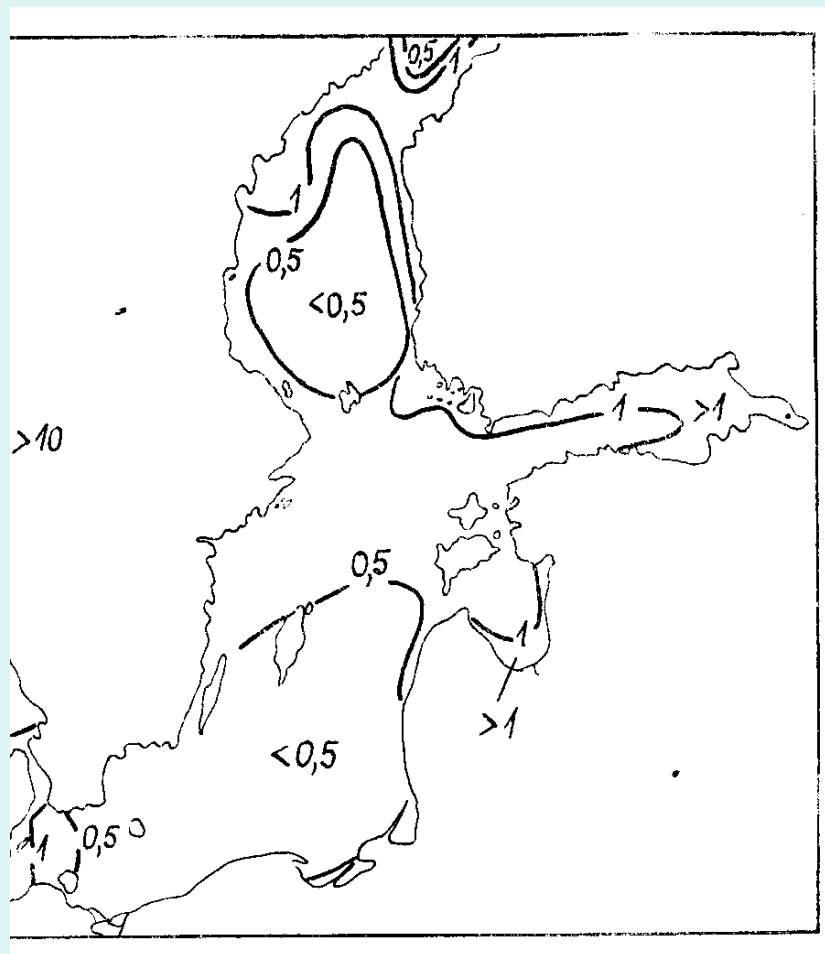
Бесприливных очень мало. Но именно в них можно изучать в чистом виде соленостные отношения.

Уникальность Балтийского моря в его бесприливности.



Изогалины

Годовые колебания поверхностной солености



Уникальность Балтийского моря
в плавном градиенте солености
и относительной стабильности
изогалин.

Балтийское море – идеальный водоем для исследований абиотических и биотических процессов в градиенте соленостей.

Зона критической солености в Балтике, очевидно, сужена и находится близко к изогалине 5 ‰

Принципиальная граница между олиго- и мезогалинной зонами (ядро эстуарной экосистемы приходится на выходе из заливов

Финского, Ботнического, Рижского, Куршского. Вислинского и Одерского

Отдельные подрегионы Балтийского моря

1. Собственно Балтика
2. Датские проливы: Каттегат и Бельт
3. Ботнический залив
4. Финский залив
5. Рижский залив
6. Куршский залив
7. Вислинский залив
8. Одерский залив

