International Forum on Geotourism
Kitab State Geological Reserve
August 2, 2019

Salinity factor in paleontology

N.V. Aladin, V.I. Gontar, L.V. Zhakova, I.S. Plotnikov, A.O. Smurov, V.V. Khlebovich
Zoological Institute RAS, Saint-Petersburg, Russia

Международный Форум по геотуризму
Китабский государственный геологический заповедник
2 августа 2019 г.

Фактор солёности в палеонтологии

Н.В. Аладин, В.И. Гонтарь, Л.В. Жакова, И.С. Плотников, А.О. Смуров, В.В. Хлебович
Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

- Китабский государственный геологический заповедник расположен на юго-западных отрогах Заравшанского хребта, в бассейне реки Кашкадарья, Китабского района Кашкадарьинской области республики Узбекистан.
- Территория заповедника представляет собой часть Зеравшано-Алайской структурно-формационной зоны, входящей в систему герцинских складчатых сооружений Южного Тянь-Шаня.
- Объектами охраны в заповеднике являются уникальные стратиграфические разрезы и содержащиеся в них остатки древних ископаемых форм морских животных и растений.
- Разрез Зинзильбан признан хранителем международного стратиграфического эталона-стандарта нижней границы *эмского яруса нижнего девона* или точки глобального стратотипа границы.
- Эмский ярус соответствует Эмскому веку раннего девона - который начался 407-398 млн. лет назад.

Соленость воды – один из ведущих абиотических факторов внешней среды, воздействующих на гидробионтов. Выяснение особенностей отношения водных животных и растений к этому фактору важно для понимания как аутэкологических, так и синэкологических закономерностей.

В начале 1960-х гг. Владислав Вильгельмович Хлебович сформулировал основные положения теории критической солености, которая в дальнейшем была подробно изложена в его монографии «Критическая соленость биологических процессов» (1974 г.).

Концепция относительности и множественности зон барьерных соленостей была сформулирована более 20 лет тому назад в рамках школы В.В. Хлебовича (Аладин, 1986). Ее основные положения были опубликованы в «Журнале общей биологии» (Аладин, 1988).

Были высказаны два основных положения:

1. Зоны барьерных соленостей относительны, с одной стороны, степени совершенства осморегуляторных способностей гидробионтов, а с другой – химическому составу вод.
2. Зон барьерных соленостей несколько, и по своей значимости они неравноценны.

Всю гидросферу нашей планеты можно также условно подразделить на пресноводную область, солоноватоводную, морскую и гипергалинную.

Морская занимает около 95% поверхности гидросферы.

На пресноводную приходится около 3%.

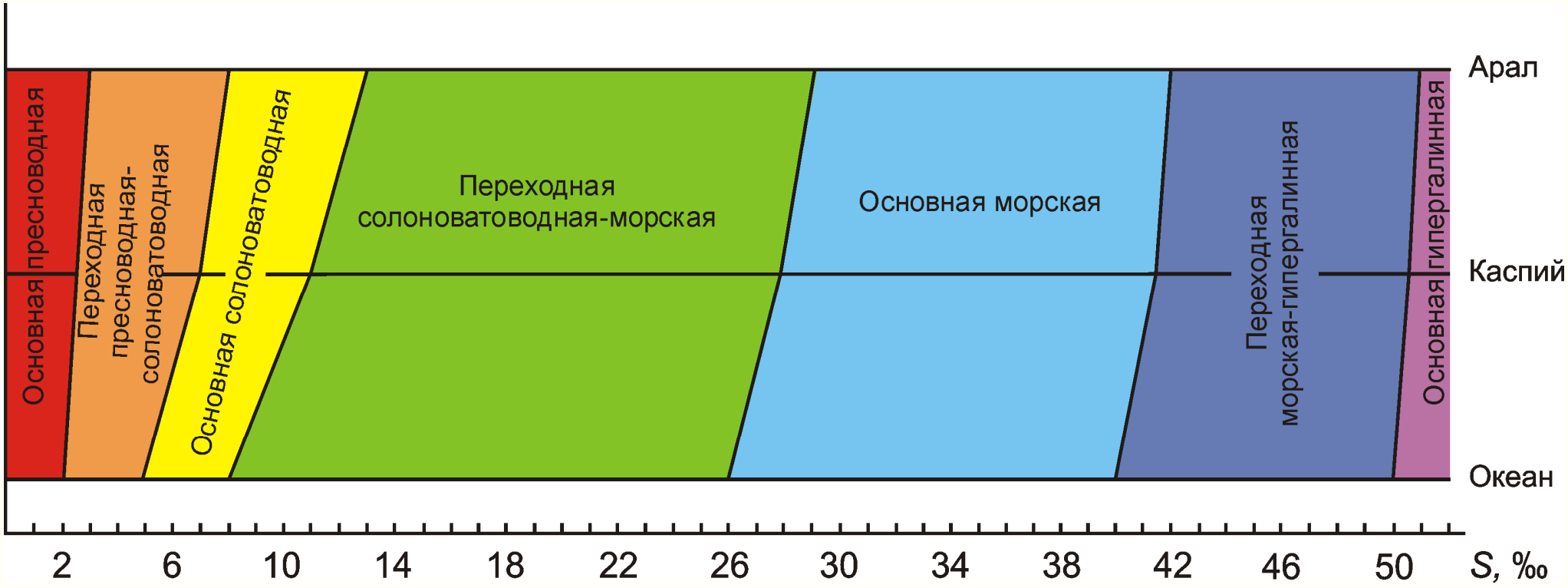
На солоноватоводную и гипергалинную – приблизительно по 0.5%.

Между этими четырьмя основными областями есть переходные зоны, каждая из которых занимает менее 0.5%.

Для всех этих основных и промежуточных зон гидросферы определены их приблизительные границы и соответствующие им барьерные солености.

- В прошедшие геологические эпохи морские воды часто доминировали, но вполне вероятно, что солоноватоводные и гипергалинные континентальные акватории могли занимать площади большие, чем теперь.
- В палеозое, мезозое и кайнозое пресноводные акватории меняли свою площадь, и, возможно, даже уступали по площади солоноватоводным.
- Существует предположение, что в палеозое и мезозое континентальные солоноватые воды по площади превосходили пресные. Только в кайнозое лидерство на континентах перешло к чисто пресноводным эпиконтиненетальным водоемам.

Согласно основным принципам концепции относительности и множественности зон барьерных соленостей (Аладин, 1986, 1988; Аладин, Плотников, 2007) следующие соленостные зоны предложены для океанических, каспийских и аральских вод.



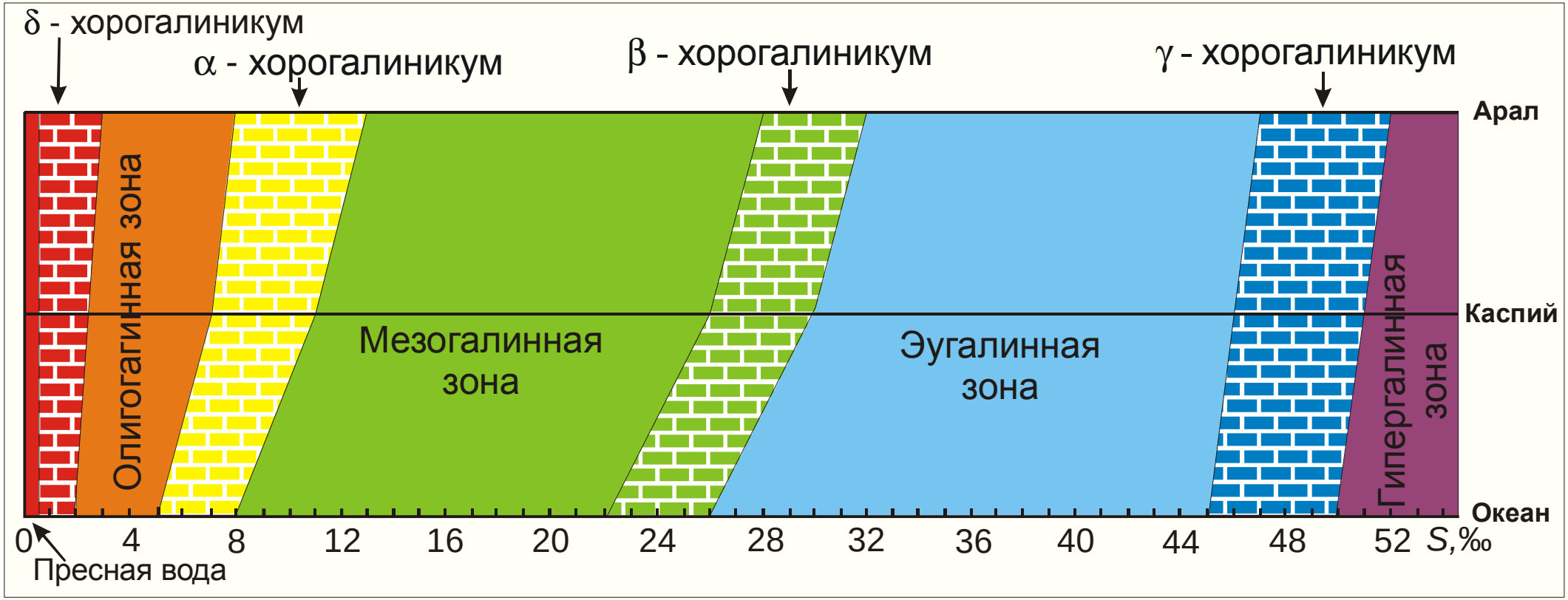
По: Aladin N., Plotnikov I. 2009. Hybrid marine/lacustrine seas and saline lakes of the world. Proceedings of 13th World Lake Conference. Wuhan, China.

Согласно основным принципам концепции относительности и множественности зон барьерных соленостей (Аладин, 1986, 1988; Аладин, Плотников, 2007) следующие соленостные зоны предложены для океанических, каспийских и аральских вод.

Зоны	Океан	Каспий	Арал
Основная пресноводная	0-2 ‰	0-2.5 ‰	0-3 ‰
Переходная пресноводная-солоноватоводная	2-5 ‰	2.5-7 ‰	3-8 ‰
Основная солоноватоводная	5-8 ‰	7-11 ‰	8-13 ‰
Переходная солоноватоводная-морская	8-26 ‰	11-28 ‰	13-29 ‰
Основная морская	26-40 ‰	28-41 ‰	29-42 ‰
Переходная морская-гипергалинная	40-50 ‰	41-50.5 ‰	42-51 ‰
Основная гипергалинная	> 50 ‰	> 50.5 ‰	> 51 ‰

По: Aladin N., Plotnikov I. 2009. Hybrid marine/lacustrine seas and saline lakes of the world. Proceedings of 13th World Lake Conference. Wuhan, China.

Положение зон барьерных соленостей

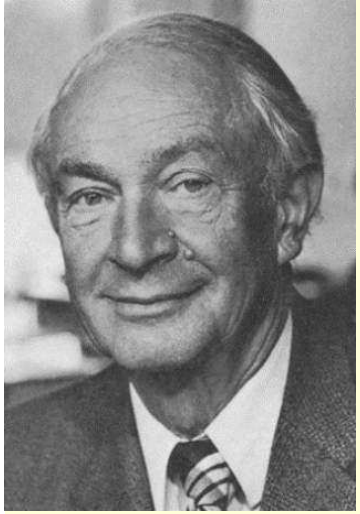


По: Aladin N., Plotnikov I. 2009. Hybrid marine/lacustrine seas and saline lakes of the world. Proceedings of 13th World Lake Conference. Wuhan, China.

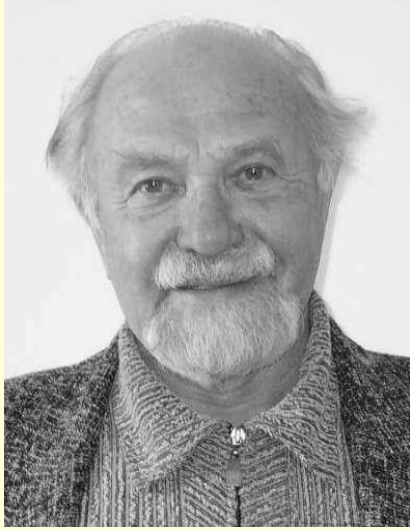
Положение зон барьерных соленостей

Барьерная соленость	Океанические воды	Каспийское море	Аральское море
α-хорогалиникум (солоноватые воды)	5–8 ‰	7–11 ‰	8–13 ‰
β-хорогалиникум (полигалинные воды)	22–26 ‰	26–30 ‰	27–32 ‰
γ-хорогалиникум (гипергалинные воды)	45–50 ‰	46–51 ‰	47–52 ‰
δ-хорогалиникум (пресные воды)	0.5–2 ‰	0.5–2.5 ‰	0.5–3 ‰

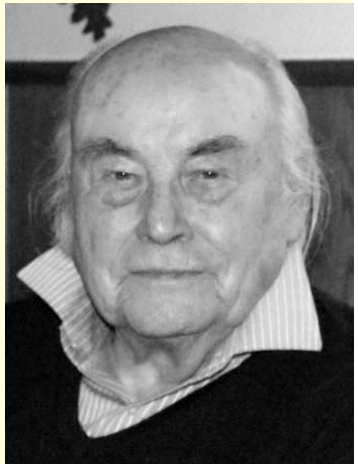
По: Aladin N., Plotnikov I. 2009. Hybrid marine/lacustrine seas and saline lakes of the world. Proceedings of 13th World Lake Conference. Wuhan, China.



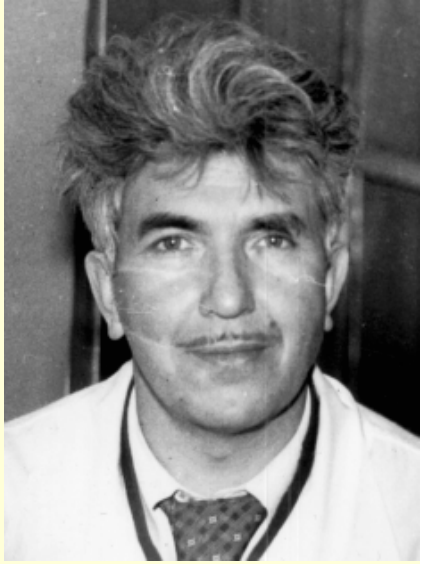
α-хорогалиникум



- **Первая барьерная соленость** (5–8‰) или **α-хорогалиникум** представляет собой универсальный барьер, при переходе через который меняется ряд существенных биологических свойств на разных уровнях биологической интеграции.
- Она является верхней границей распространения пресноводной фауны и нижней границей распространения морской фауны, а также является ядром солоноватых вод.
- Эту барьерную соленость можно еще назвать барьерной соленостью А.Ремане, В.В.Хлебовича и О.О.Кинне.

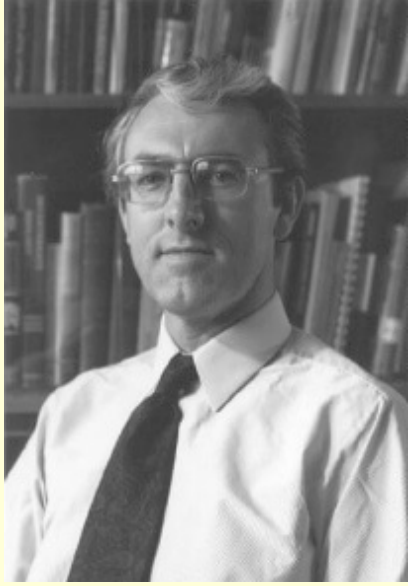


β-хорогалиникум



- Барьерную соленость **β-хорогалиникум** (22–26‰) можно еще назвать барьерной соленостью С.А.Зернова и А.Н.Голикова.

γ-хорогалиникум



- **γ-хорогалиникум** (45–50‰) отделяет обитателей полносоленых вод от обитателей гипергалинных вод имеющих очень низкое биоразнообразие.
- Эту барьерную соленость можно еще назвать барьерной соленостью У.Д.Вильямса.

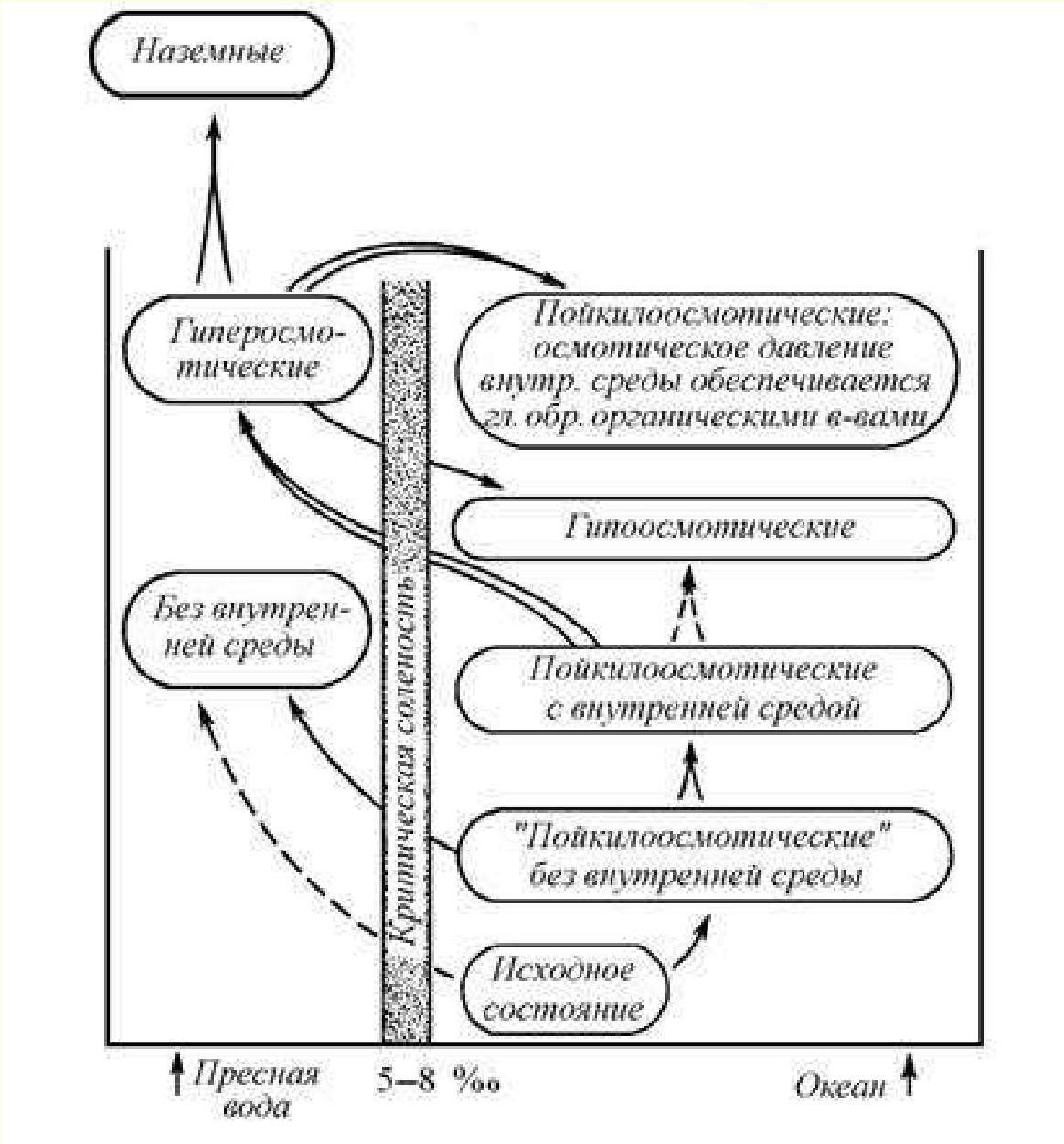
δ-хорогалиникум

- Барьерная соленость **δ-хорогалиникум** (0.5–2‰) разделяет пресные и солоноватые воды.
- Она является барьером для проникновения пресноводных организмов в солоноватые воды и его можно считать верхней границей распространения стеногалинных пресноводных видов.
- Эту барьерную соленость можно еще назвать барьерной соленостью Арвида Ярвекюльга, который выделил её при изучении слабо солоноватых вод Балтийского моря.

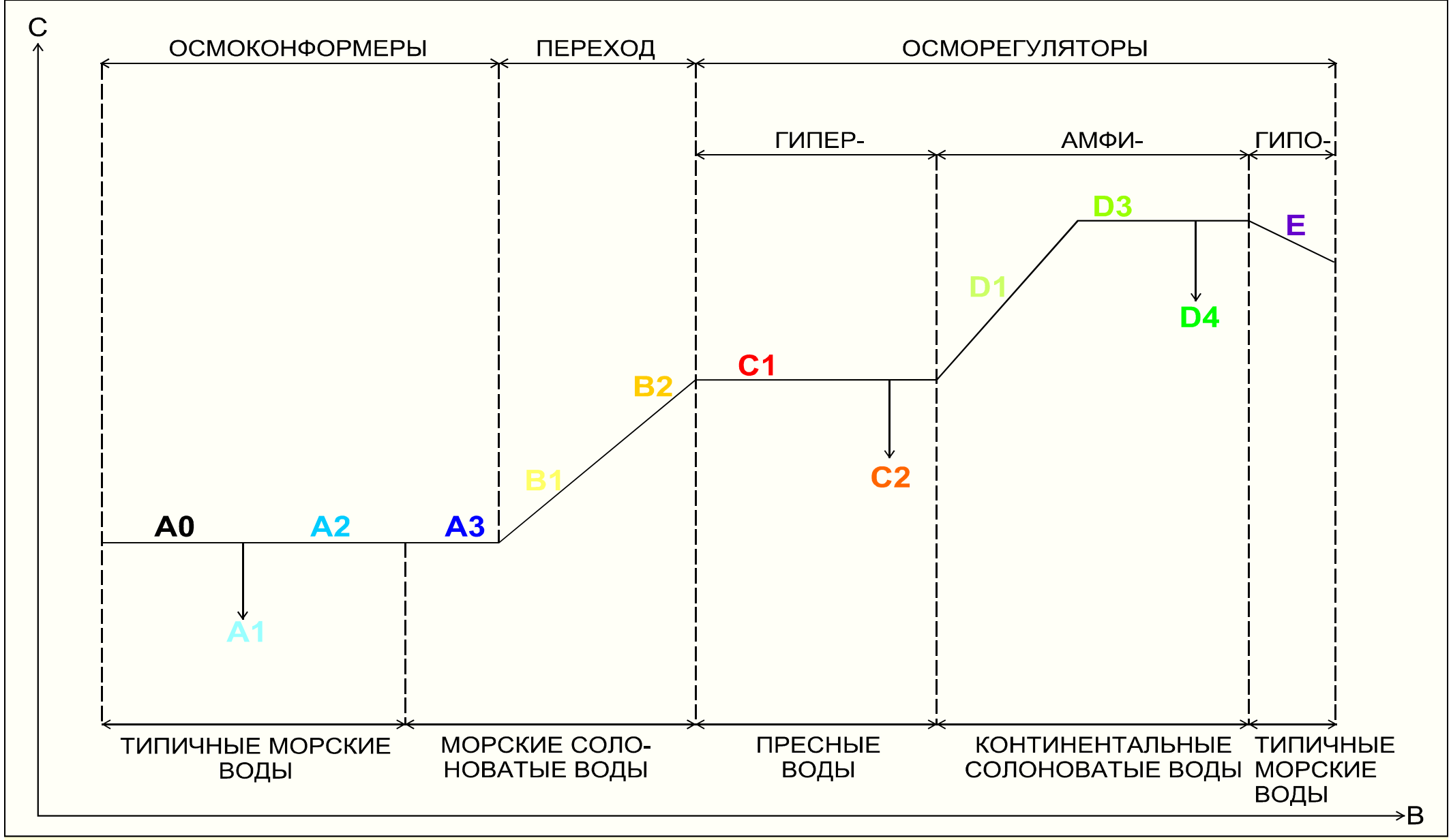
- До начала Ордовика жизнь присутствовала только в океанических водах. Т.о., барьерные солености для данного геологического времени можно выделять только в талассных водах. Аталассные воды в тот период были еще безжизненны, и говорить о барьерных соленостях в них бессмысленно.
- Кембрийские талассные воды были заселены трилобитами, брахиоподами, моноплакофорными моллюсками, хиолитидами и археоциатами. Однако, уже в ордовикских морях доминировали криноидеи, иглокожие, брахиоподы, граптолиты, табуляты, кораллы-ругозы.
- Т.о. мир морских беспозвоночных был весьма представительным, и мы предполагаем, что в Ордовике в океанических водах были как минимум 3 барьерных солености: α-, β- и γ-хорогалиникумы.
- Что касается допалеозойских времен, то в Архее и Протерозое в океанических водах возможно была только одна барьерная соленость (α-хорогалиникум).

- В конце Ордовика жизнь покинула талассные воды и проникла в аталассные. Процесс начали растения, и уже в Силуре беспозвоночные последовали за растениями, а в позднем Девоне – и позвоночные. Т.о. говорить о барьерных соленостях в аталассных водах можно только начиная с Ордовика.
- Максимальное число барьерных соленостей в аталассных водах по-видимому стало проявляться с Кайнозоя. В качестве примера можно привести древний Каспий. К этому времени сформировалась специфическая фауна континентальных солоноватых вод.

Все вышеизложенные рассуждения базируются на эволюционных представлениях В.В. Хлебовича, изложенных им в его монографии 1974 г.



Из: Хлебович В.В. 1974. Критическая соленость биологических процессов. 236 с.



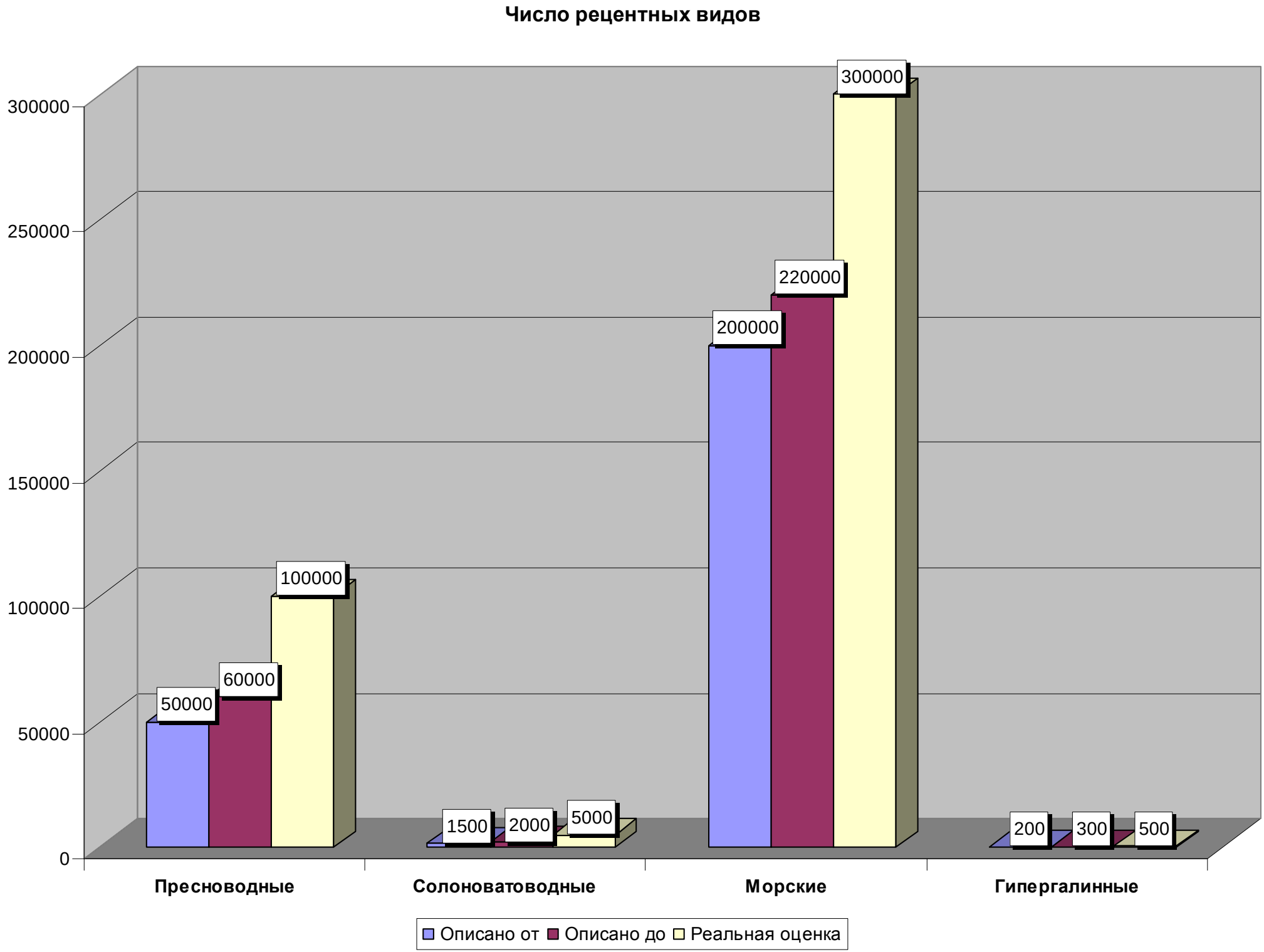
Совершенствование осморегуляторных способностей ракушковых и жаброногих ракообразных в ходе эволюционного процесса

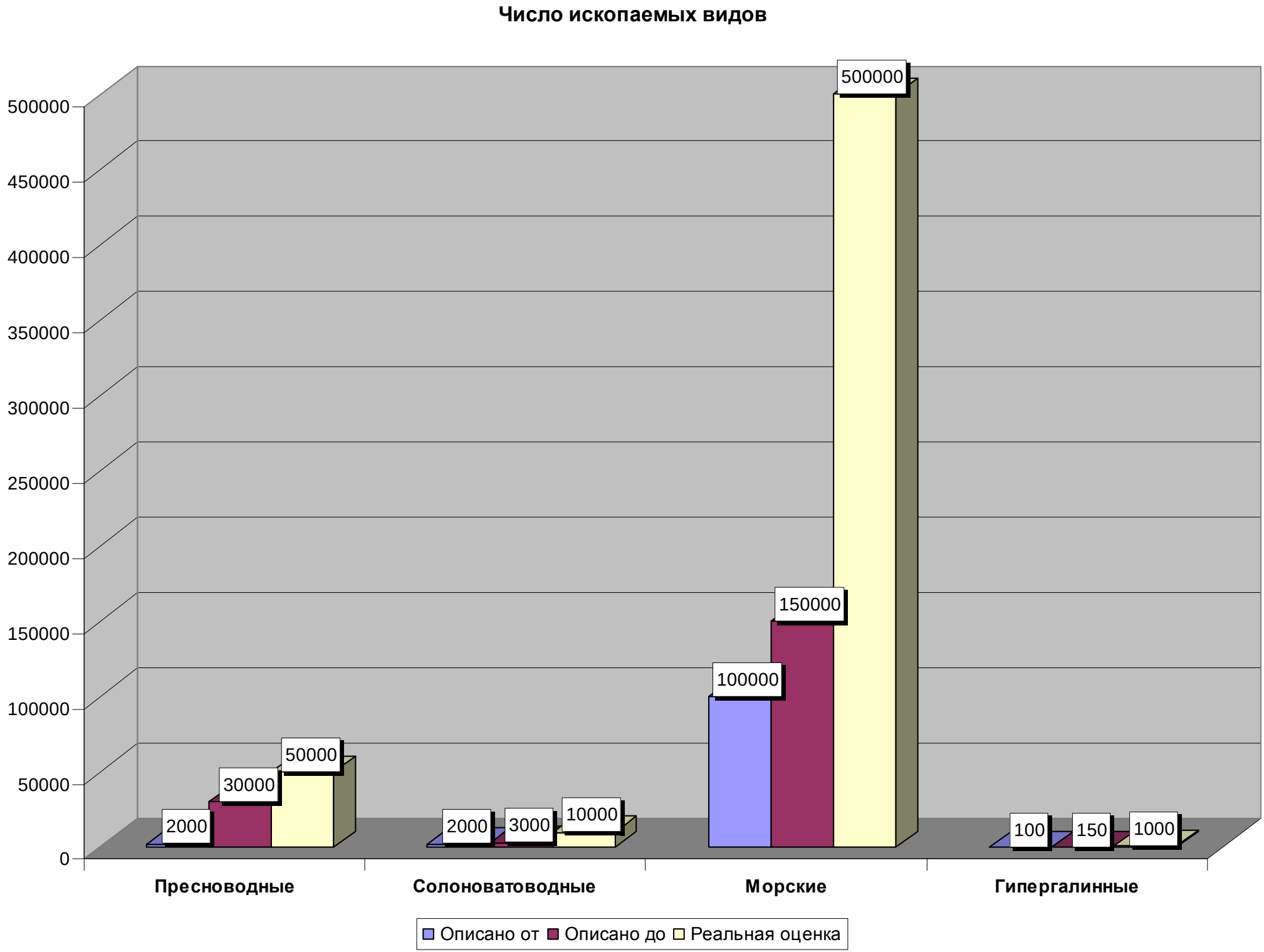
По оси абсцисс – геологическое время; по оси ординат – степень совершенствования осморегуляции гемолимфы

По: Аладин Н.В. 1986. Особенности осморегуляции гемиолимфы ракушковых и жаброногих ракообразных из морских и континентальных вод . Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 141: 75–96..

По экспертным оценкам палеонтологов и зоологов число рецентных и ископаемых видов Metazoa различно в зависимости от солености.

1. Зоологами описано от 200 000 до 220 000 видов рецентных морских Metazoa. Реально может существовать до 300 000 видов. Палеонтологами описано от 100 000 до 150 000 видов ископаемых морских Metazoa. Реально могло существовать до 500 000 видов.
2. Зоологами описано от 50 000 до 60 000 видов рецентных пресноводных Metazoa. Реально может существовать до 100 000 видов.
   Палеонтологами описано от 20 000 до 30 000 видов ископаемых пресноводных Metazoa. Реально могло существовать до 50 000 видов.
3. Зоологами описано от 1 500 до 2 000 видов рецентных солоноватоводных Metazoa. Реально может существовать до 5 000 видов.
   Палеонтологами описано от 2 000 до 3 000 видов ископаемых солоноватоводных Metazoa. Реально могло существовать до 10 000 видов.
4. Зоологами описано от 200 до 300 видов рецентных гипергалинных Metazoa. Реально может существовать до 500 видов
   Палеонтологами описано от 100 до 150 видов ископаемых гипергалинных морских Metazoa. Реально могло существовать до 1 000 видов.


Число рецентных видов
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0
50000
60000
100000
1500
2000
5000
200000
220000
300000
200
300
500
Пресноводные
Солоноватоводные
Морские
Гипергалинные
Описано от
Описано до
Реальная оценка


Число ископаемых видов
500000
450000
400000
350000
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0
2000
30000
50000
2000
3000
10000
100000
150000
500000
100
150
1000
Пресноводные
Солоноватоводные
Морские
Гипергалинные
Описано от
Описано до
Реальная оценка

- В этом году Китабский государственный геологический заповедник отмечает свое 40-летие. За время своего существования он доказал свою лидирующую роль не только в сохранении, но и в изучении древнейших этапов жизни на нашей планете.
- Не вызывает сомнения, что для дальнейшего развития туристического и научного потенциалов заповедника необходимо развивать международное сотрудничество.
- Необходимо согласовывать будущие научные и туристические программы с аналогичными программами других стран.
- Авторы уверены, что при таком подходе будут достигнуты новые научные результаты, а сам заповедник привлечет не только туристов, но и ведущих ученых всего мира.

Выводы

1. Биоразнообразие и палеобиоразнообразие неполносолёных морей значительно ниже такового полносолёных морей.
2. Биоразнообразие и палеобиоразнообразие солёных озер значительно ниже такового пресноводных озёр.
3. Солоноватоводные виды реально существуют, хотя их число сильно уступает таковому морских и пресноводных видов.
4. При анализе биоразнообразия и палеобиоразнообразие всех типов морей и озер надо обязательно учитывать и немногочисленные гипергалинные виды, которые обитают в литоральных ваннах скалистых берегов и на соленых маршах мелководий.
5. Научные взгляды Ремане-Хлебовича-Кинне не противоречат современным данным зоологов и палеонтологов, изучающих биоразнообразие и палеобиоразнообразие всех типов морей и озёр.
6. Китабский государственный геологический заповедник необходимо охранять не только как туристический объект, но и, в первую очередь, как объект научных исследований.

Благодарим за внимание

Neva river
река Нева

Ladoga Lake
Ладожское озеро