All-Russian anniversary scientific conference with international participation
«NATURAL ECOSYSTEMS OF THE CASPIAN REGION: PAST, PRESENT, FUTURE»
dedicated to the 100th anniversary of the Astrakhan State Reserve
Damchik, the Astrakhan region
September 3-5, 2019

Systematization of the biodiversity of the Caspian Sea in the critical salinity zone, study of the δ-horohalinicum in the southern water area of the Astrakhan State Natural Biosphere Reserve

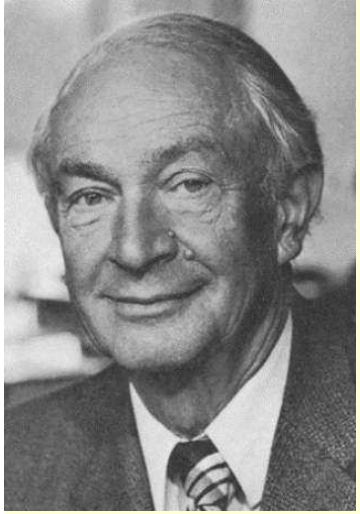
N.V. Aladin, V.I. Gontar, L.V. Zhakova, I.S. Plotnikov, A.O. Smurov
Zoological Institute RAS, Saint-Petersburg, Russia

Всероссийская юбилейная научная конференция с международным участием
«ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ»
посвященная 100-летию Астраханского государственного заповедника
п. Дамчик Астраханской области
3–5 сентября 2019 года

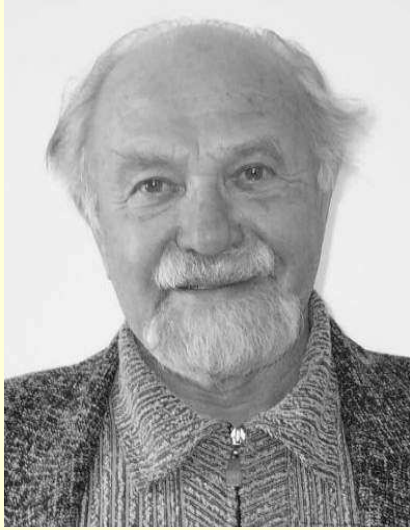
Систематизация биоразнообразия Каспийского моря в зоне критической солености, изучение δ-хорогалиникума в южной акватории Астраханского государственного природного биосферного заповедника

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

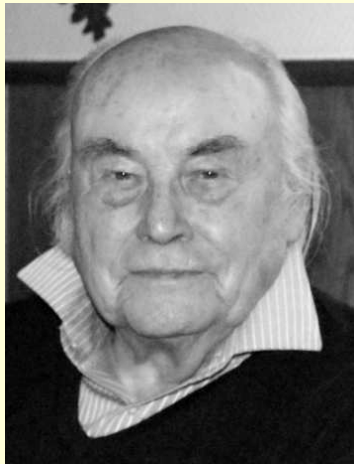
- Соленость воды – один из ведущих абиотических факторов внешней среды, воздействующих на гидробионтов. Выявление специфики отношения водных животных и растений к этому фактору важно для понимания как аутэкологических, так и синэкологических закономерностей.
- Соленость **5–8‰** океанических вод имеет критический характер биологического воздействия. Впервые об этом было сказано в первой половине XX века немецким зоологом А. Ремане.
- Позже В.В. Хлебович сформулировал основные принципы теории критической солености. Идеи А. Ремане и В.В. Хлебовича нашли продолжение в работах О. Кинне, предложившего термин **хорогалиникум**.
- На критический характер воздействия соленостного диапазона 5–8‰ на биоразнообразие указывали и другие исследователи.



α-хорогалиникум



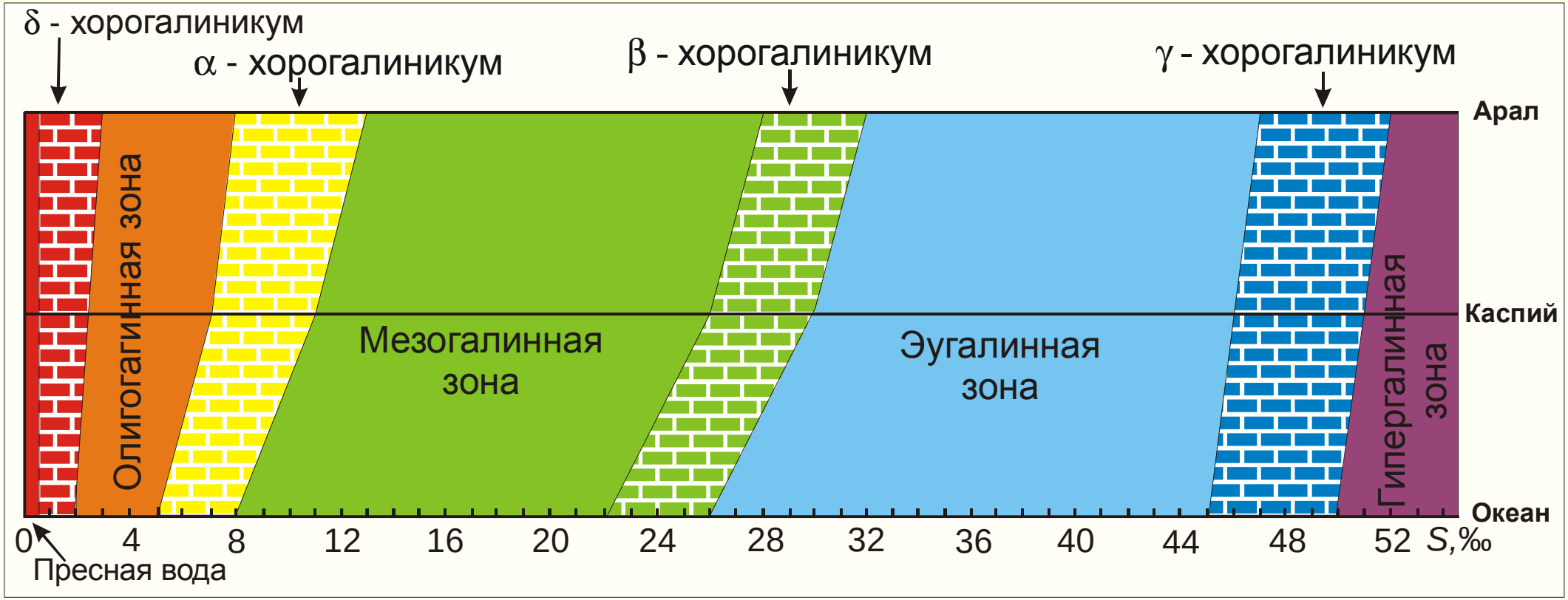
- **Первая барьерная соленость** (5–8‰) или **α-хорогалиникум** представляет собой универсальный барьер, при переходе через который меняется ряд существенных биологических свойств на разных уровнях биологической интеграции.
- Она является верхней границей распространения пресноводной фауны и нижней границей 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.



Относительность и множественность зон барьерных соленостей

- В дальнейшем была сформулирована концепция относительности и множественности зон барьерных соленостей.
- Согласно этой концепции, зоны барьерных соленостей относительны, с одной стороны, степени совершенства осморегуляторных способностей гидробионтов, а с другой – химическому составу вод.
- Существует несколько зон барьерных соленостей, и они неравноценны по своей значимости.
- Выявление зон барьерных соленостей предполагает исследование осморегуляторных способностей гидробионтов.

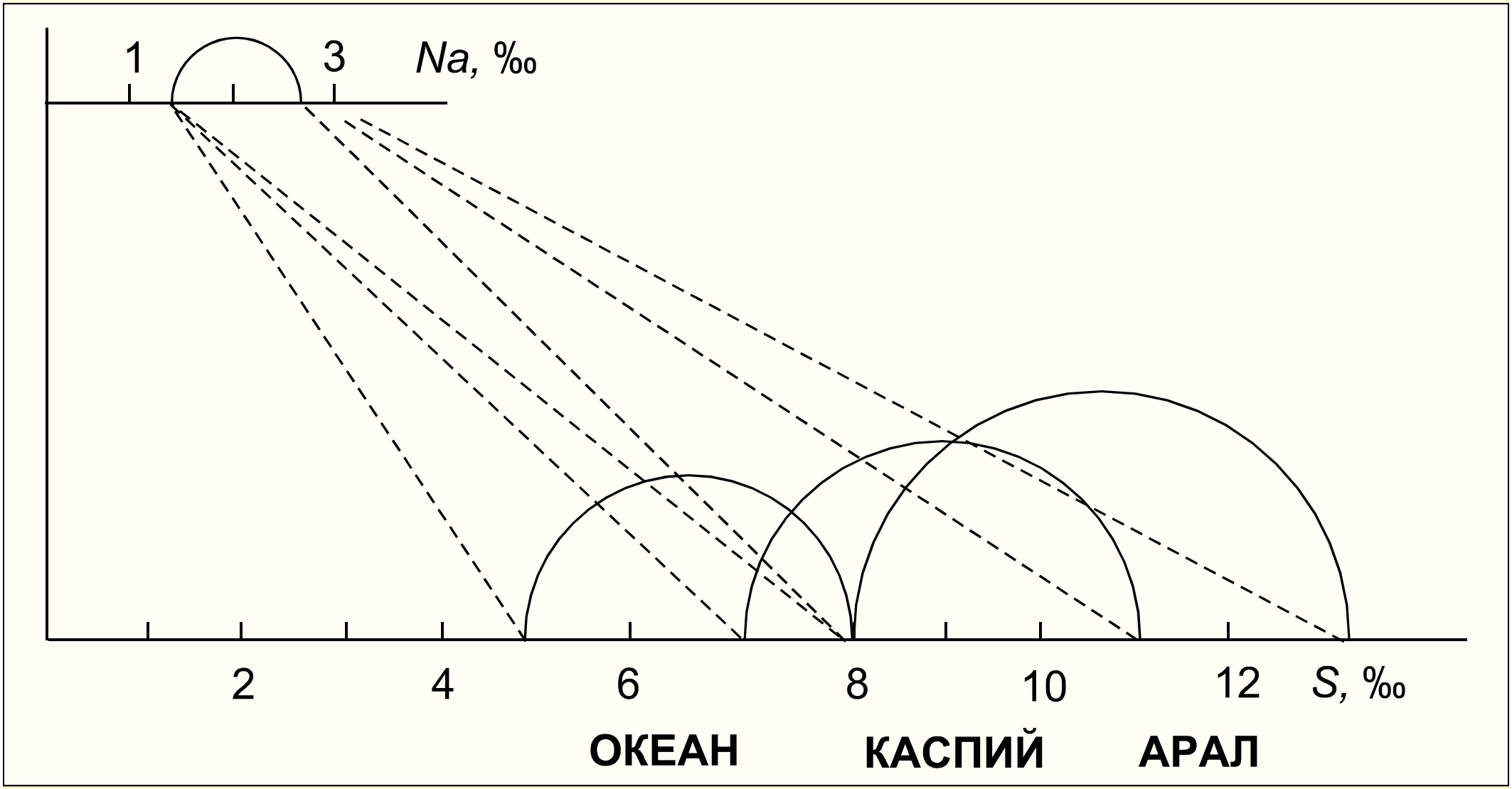
Положение зон барьерных соленостей



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

Смещение критической солености в сторону высоких концентраций

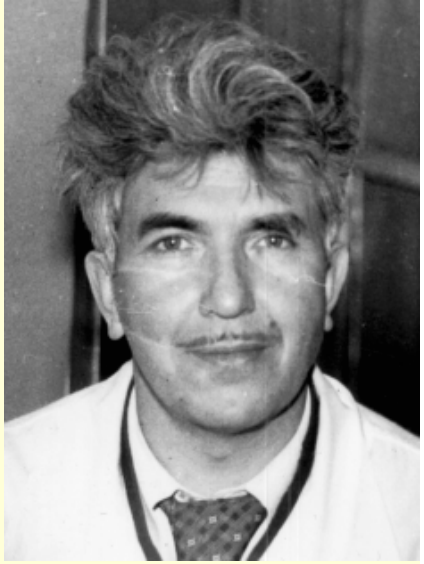
- В континентальных водах положение барьерных соленостей может быть смещено в сторону более высоких значений.
- Экспериментальное изучение осморегуляторных способностей и толерантных диапазонов ракушковых и жаброногих ракообразных показало, что в Каспии барьеру критической солености соответствует диапазон солености 7–11‰.
- В этом водоеме вода сильно метаморфизирована – доля двухвалентных ионов в ней повышена по сравнению с водами океанического ионного состава.
- Но если сопоставить верхние границы хорогалиникума по содержанию одновалентных ионов, в частности по хлорности, то они оказываются эквивалентными.



Смещение критической солености в сторону высоких концентраций в водах Каспийского и Аральского морей по сравнению с водой с океаническим составом солей

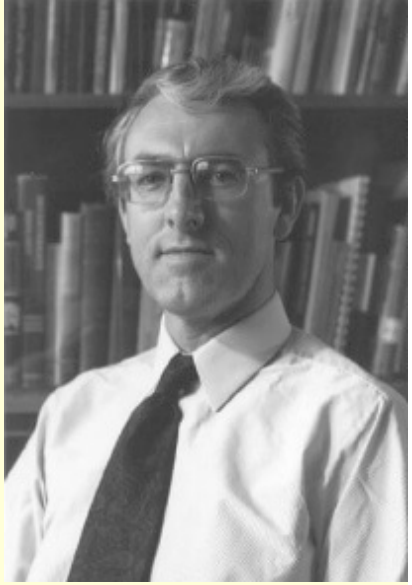
Из: Аладин Н.В. 1989. Критический характер биологического действия каспийской воды соленостью 7–11‰ и аральской воды соленостью 8–13‰. Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 196: 12–21.

β-хорогалиникум



- **β-хорогалиникум** (26–30‰) в Каспийском море можно встретить только в осолоненных заливах.
- Эту барьерную соленость можно еще назвать барьерной соленостью С.А.Зернова и А.Н.Голикова.

γ-хорогалиникум



- **γ-хорогалиникум** (46–51‰) в Каспийском море можно встретить только в осолоненных заливах.
- Он отделяет обитателей полносоленых вод от обитателей гипергалинных вод имеющих очень низкое биоразнообразие.
- Эту барьерную соленость можно еще назвать барьерной соленостью У.Д.Вильямса.

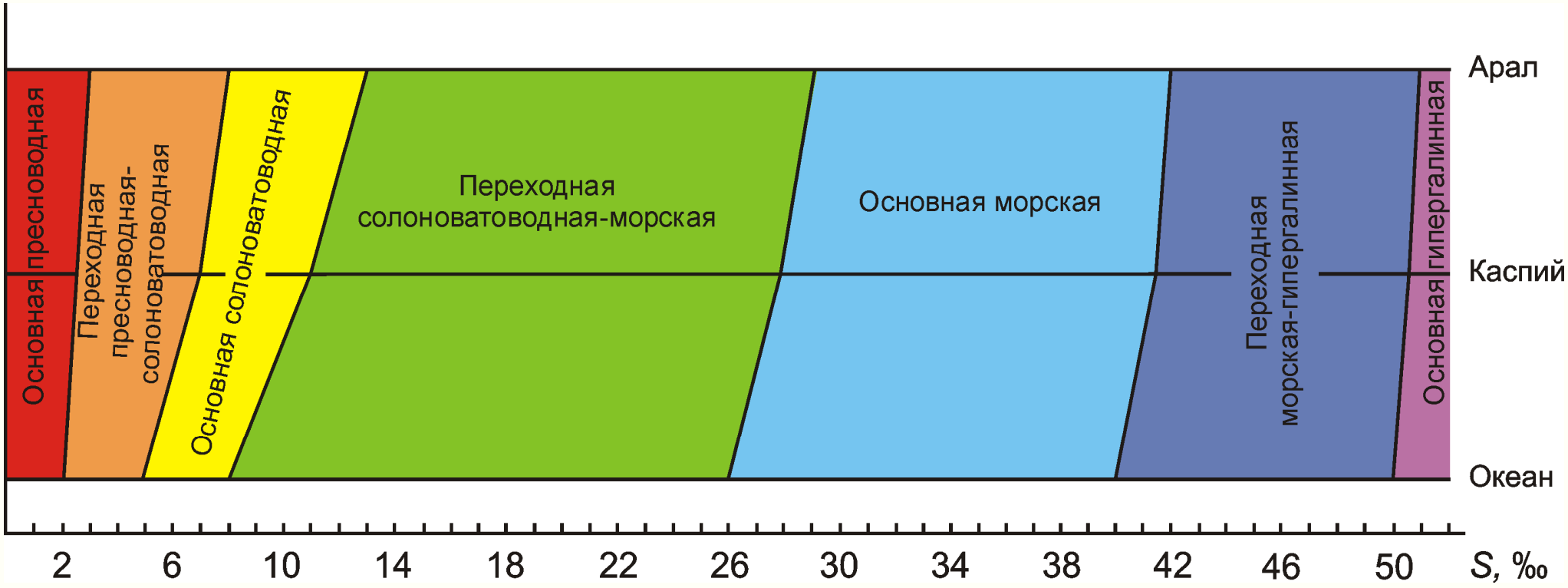
δ-хорогалиникум

- Барьерная соленость **δ-хорогалиникум** 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.

Соленостные зоны

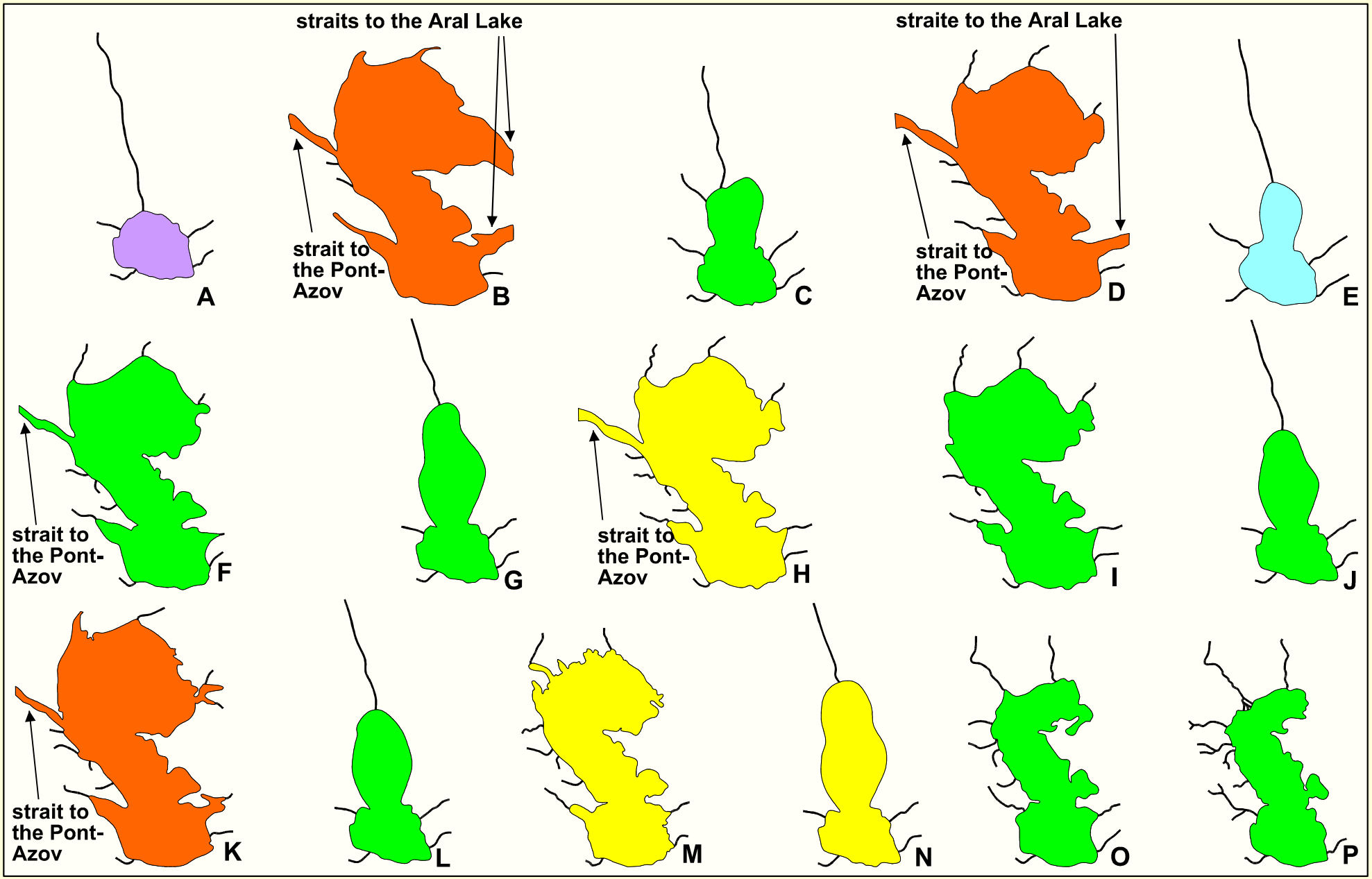
- В гидросфере Земли прослеживаются 4 области: пресноводная, солоноватоводная, морская и гипергалинная.
- Между этими четырьмя основными областями существуют 3 переходные зоны.
- Согласно основным принципам концепции относительности и множественности зон барьерных соленостей были предложены приблизительные границы основных и промежуточных зон соленостных зон не только для океанических вод, но и для континентальных на примере Каспия и Арала.
- Границы между этими соленостными зонами располагаются в пределах барьерных соленостей.
- Можно видеть, что основная солоноватоводная зона приходится на диапазон соленостей, соответствующий критической солености.

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.

- Каспийское море является крупнейшим озером на Земле.
- Хотя Каспий является континентальным водоемом, он имеет океаническое происхождение, являясь остатком Паратетиса – залива древнего океана Тетис.
- Его соленость объясняется происхождением от этого древнего океана.
- Каспийское море претерпело ряд трансгрессий и регрессий, сопровождавшихся значительным уменьшением солености или ее увеличением.
- Современный Каспий образовался около 5–7 тыс. лет назад.



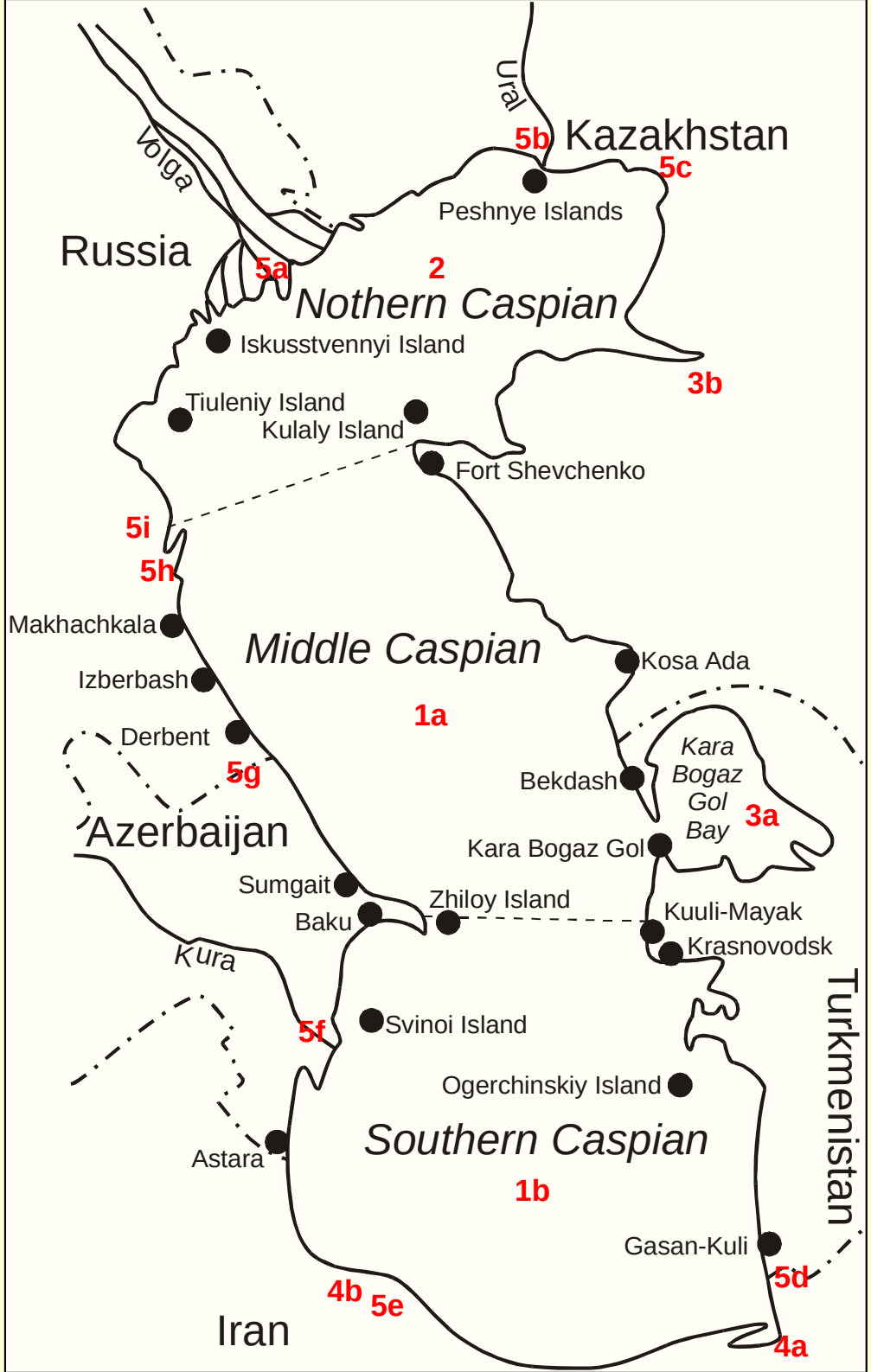
Водоемы Палеокаспия

A — Балаханский (5 млн. лет назад); B — Акчагыльский (3 млн. лет назад); C — Постакчагыльский (> 2 млн. лет назад); D — Апшеронский (2 млн. лет назад); E — Тюркянский (< 2 млн. лет назад); F — Бакинский (1.7 млн. лет назад); G — Венедский или Уштальский (0.5 млн. лет назад); H — Раннехазарский (400 тыс. лет назад); I — Позднехазарский; J — Ательский (> 50 тыс. лет назад); K — Раннехвалынский; L — Енотаевский; M — Позднехвалынский; N — Мангышлакский (7.5 тыс. лет назад); O — Новокаспийский (5 тыс. лет назад); P — современный.

Показаны только средние солености без соленостных градиентов

Соленость: ● – 0-2.5‰; ● – 2.5-7‰; ● – 7-11‰; ● – 11-28‰; ● – 28-41‰; ● – 41-50.5‰; ● – >50.5‰

- Каспийское море занимает обширную и глубокую континентальную депрессию. Его современный уровень ниже уровня океана на 27–28 м.
- С точки зрения морфологии и физико-географических условий Каспий делится на Северный, Средний и Южный и изолированный залив Кара-Богаз-Гол.
- Средняя и южная части имеют характер истинного моря, в то время как северная часть является обширным эстуарием впадающих в него рек.
- Максимальная глубина Каспийского моря – 1025 м, а его средняя глубина составляет 208 м. Северный Каспий неглубокий, средняя глубина – 4 м, а максимальная не превышает 25 м. У восточного побережья находится мелкий гипергалинный залив Кара-Богаз-Гол. Уровень воды в этом заливе ниже, чем самом Каспии. Существует постоянный сток воды из моря в залив, где она быстро испаряется.
- В Каспийское море впадают более 30 рек, а его водосборная площадь составляет около 3,5 млн. км^2. Основным источником воды для Каспия является р. Волга, обеспечивающая почти 80% от ее общего притока (Байдин С., 1986). Уровень воды в Каспии непостоянен.



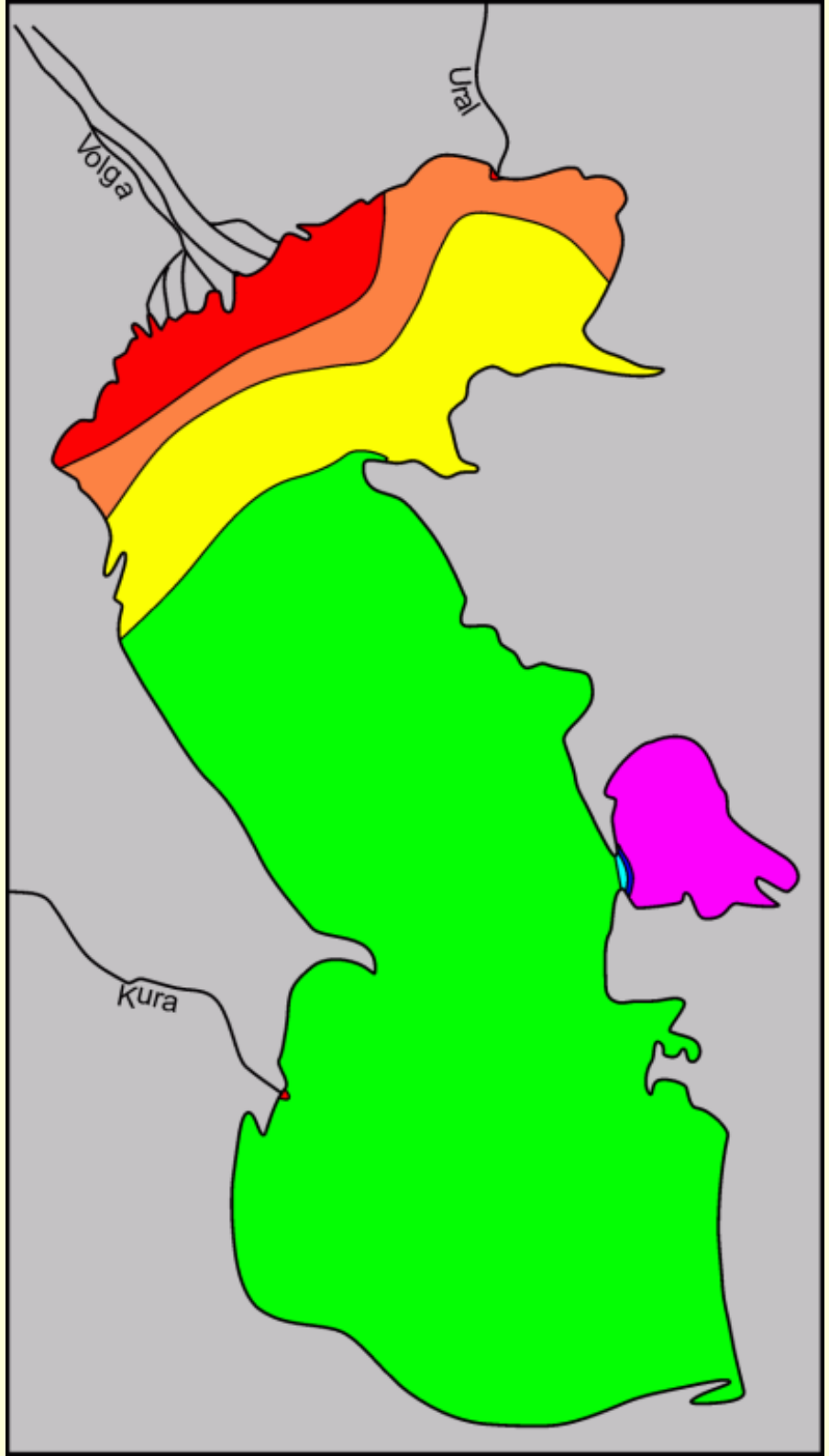
Зоны Каспийского моря

(по: Aladin, Plotnikov, 2000)

1. **Средний (1a) и Южный (1b) Каспий = собственно Каспийское море.**
2. **Северный Каспий (2) – гигантский мелководный залив, эстуарий 4-х рек: Волга, Урал, Терек, Сулак.**
3. **Гипергалинные заливы восточного берега: Кара-Богаз-Гол (3a), Мертвый Култук (3b).**
4. **Слабосоленые заливы и лагуны южного берега: залив Горган (4a), лагуна Анзалы (4b).**
5. **Слабосоленые эстуарии и дельты каспийских рек: Волга (5a), Урал (5b), Эмба (5c) (сейчас не впадает), Атрек (5d), Сефидруд (5e), Кура (5f), Самур (5g), Сулак (5h), Терек (5i).**

- Средняя соленость воды Каспийского моря составляет 12,7–12,8‰.
- Максимальная соленость (не считая залива Кара-Богаз-Гол) наблюдается у восточного побережья, где достигает 13,2‰, тогда как минимальная соленость 1–2‰ наблюдается на северо-западе моря.
- Каспийская вода имеет довольно низкое содержание ионов натрия и хлора, при этом она богаче кальцием, магнием и сульфат ионами из-за значительного времени изоляции от Мирового океана и от метаморфизации под влиянием речного стока.
- Самые низкая соленость наблюдается в Северном Каспии, в среднем 5–10‰. Рядом с дельтами Волги, Урала и Терека соленость снижена до 2–4‰. В авандельтах рек соленость ниже 0,5‰.
- В мелководных районах у восточного побережья Северного Каспия, соленость воды выше среднего значения.

- В Каспийском море есть все четыре основные и три промежуточные соленостные зоны, и все барьерные солености, имеющие границы, специфичные для солевого состава его воды.
- Пресноводная зона занимает обширную акваторию у дельт Волги и Урала в Северном Каспии и небольшие участки около устьев других крупных рек.
- В этой части моря существует градиент солености и представлены переходная пресноводно-солоноватоводная и основная солоноватоводная соленостные зоны.



Каспийское море

- Пресноводная зона
- Переходная пресноводная-солоноватоводная зона
- Солоноватоводная зона
- Переходная солоноватоводная-морская зона
- Морская зона
- Переходная морская-гипергалинная зона
- Гипергалинная зона

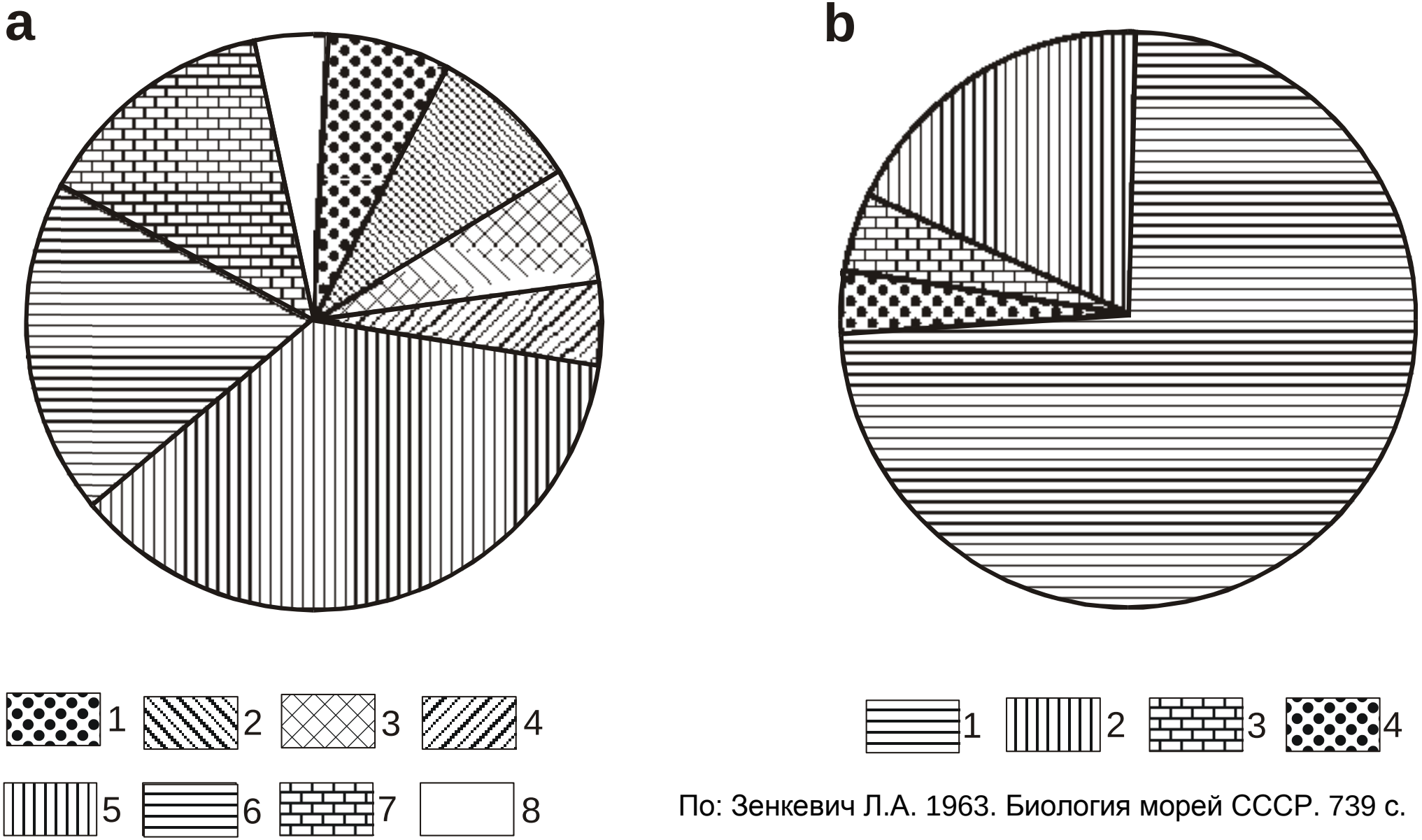
По: Aladin N., Plotnikov I. 2009. Hybrid marine/lacustrine seas and saline lakes of the world. Proceedings of 13th World Lake Conference. Wuhan, China.

- Биоразнообразие Каспийского моря примерно в 2,5 раза ниже, чем в Черном море, и в 5 раз ниже, чем в Баренцевом море.
- Соленость Каспия слишком высока для настоящей пресноводной фауны и флоры, и слишком низка для настоящих морских видов.
- По своему происхождению его современная фауна в основном неогеновая.
- Современное биоразнообразие Каспийского моря отражает сложную историю трансгрессий и регрессий Палеокаспия и связано с его опреснением и осолонением.
- В Каспийском море обитает более 500 видов растений и более 850 видов животных различного происхождения.
- Процесс видообразования в Каспийском море создал в целом высокий уровень эндемизма (примерно 42–46%).

Состав фауны свободноживущих Metazoa в Каспийском море, %

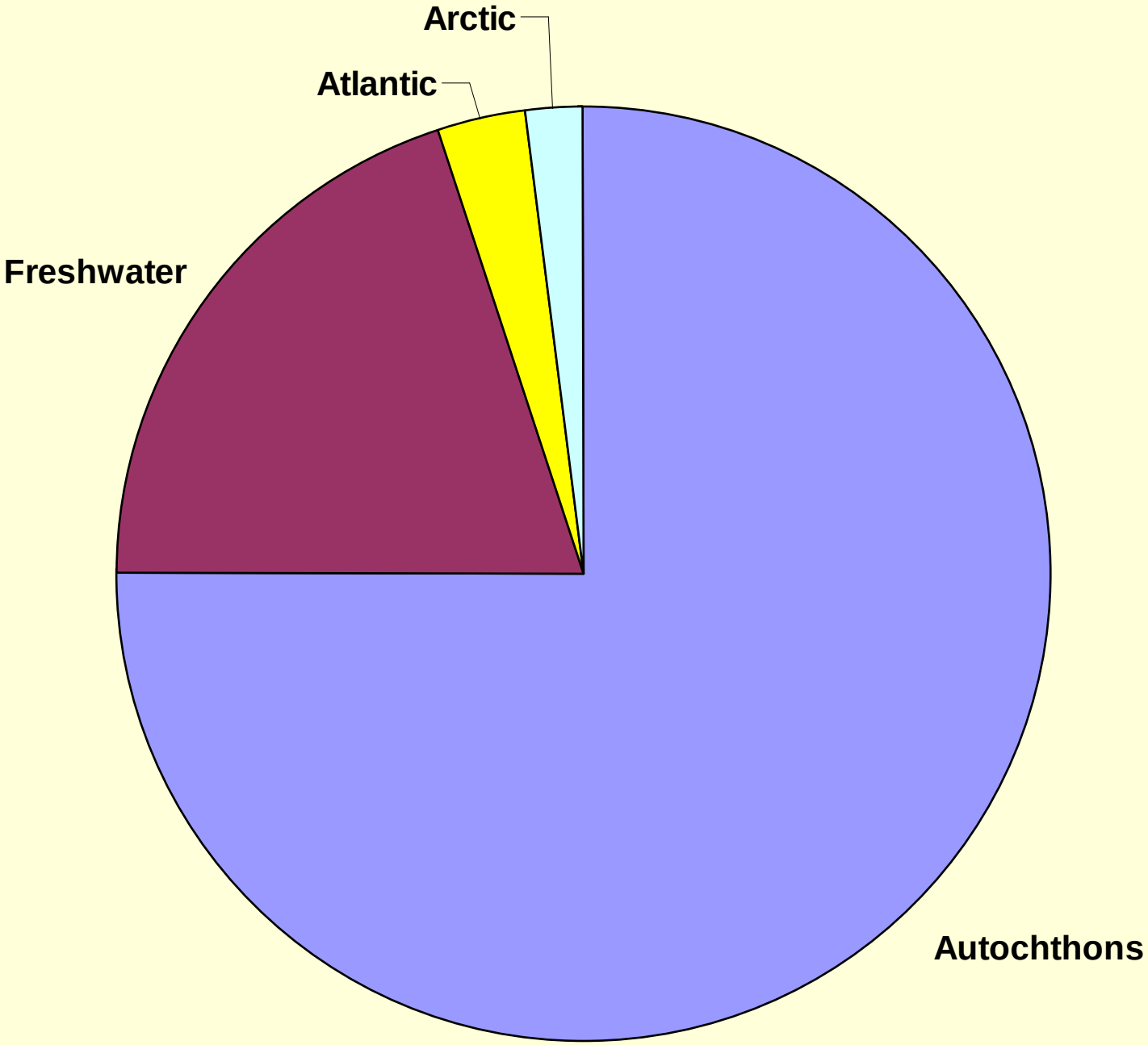
a – по систематическим группам: 1. Turbellaria, 2. Nematodes, 3. Rotatoria, 4. Annelida, 5. Crustacea, 6. Mollusca, 7. Pisces & Cyclostomata, 8. прочие.

b – по фаунистическим комплексам: 1. автохтоны, 2. пресноводные, 3. средиземноморские, 4. арктические.



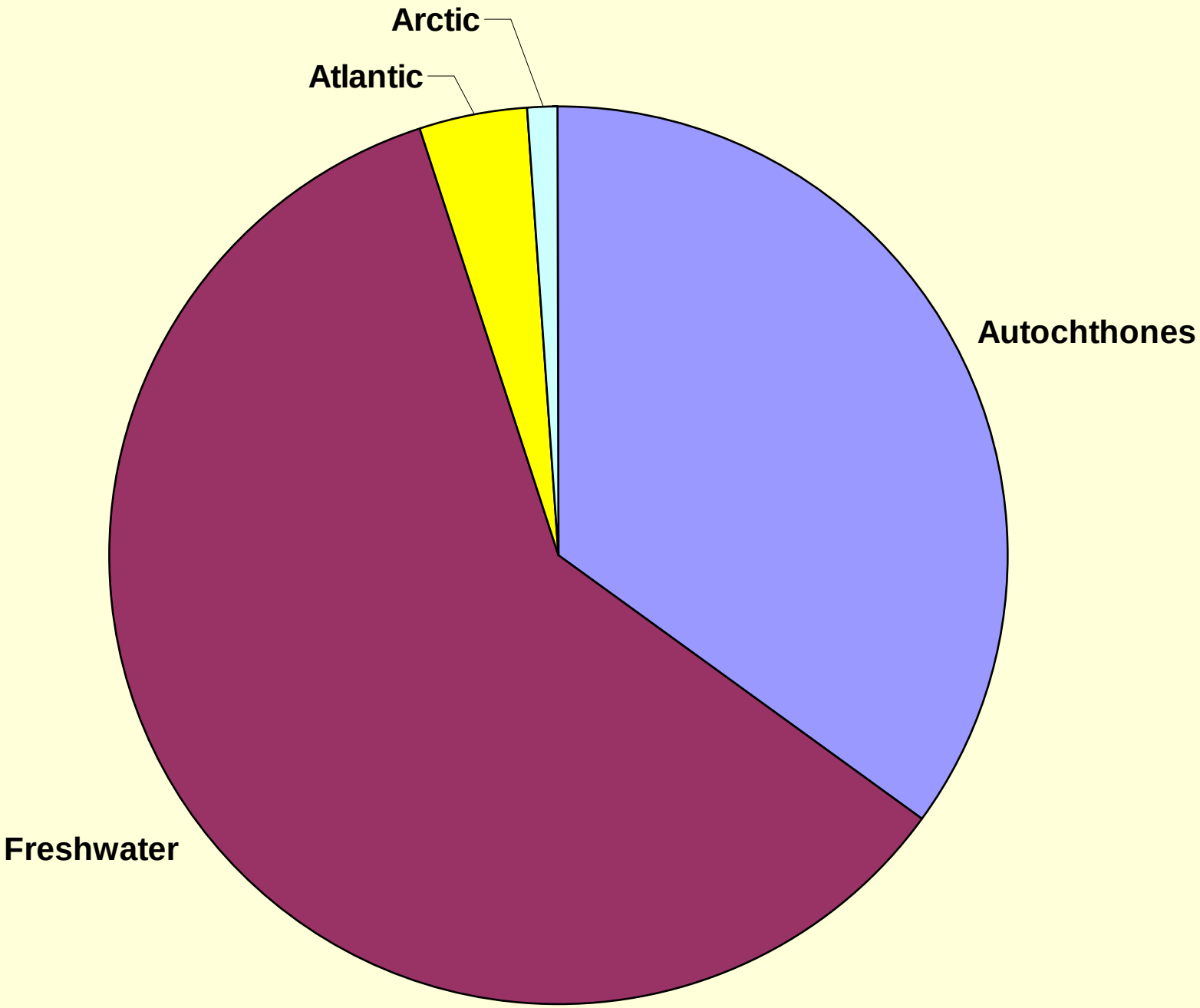
По: Зенкевич Л.А. 1963. Биология морей СССР. 739 с.

Middle and Southern Caspian



По: Aladin N.V., Plotnikov I.S., Filippov A.A. 2001. Modern conception of the Caspian Sea biodiversity. Proc. Zool. Inst. Sci. Acad. Sci. Vol. 289: 5-14.

The Northern Caspian



По: Aladin N.V., Plotnikov I.S., Filippov A.A. 2001. Modern conception of the Caspian Sea biodiversity. Proc. Zool. Inst. Sci. Acad. Sci. Vol. 289: 5-14.

- Изучение δ-хорогалиникума в южной акватории Астраханского государственного природного биосферного заповедника имеет большое значение для дальнейшего развития концепции относительности и множественности зон барьерных соленостей.
- Именно δ-хорогалиникум разделяет пресные волжские воды и каспийские слабо солоноватые воды.
- Этот хорогалиникум является барьером для проникновения пресноводных волжских организмов в слабо солоноватые воды Северного Каспия.
- Именно δ-хорогалиникум определяет уникальность биоразнообразия южной акватории Астраханского государственного природного биосферного заповедника.

Благодарим за внимание