

УДК 574/577

КРИТИЧЕСКАЯ СОЛЁНОСТЬ КАК МАРКЕР СМЕНЫ КАЛИЕВОЙ ЭПОХИ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ НА НАТРИЕВУЮ

© 2015 г. В. В. Хлебович

*Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург
E-mail: khleb32@mail.ru*

Концепция критической солёности, постулирующая резкий перелом абиотических и биотических процессов при солёности около 5–8‰ (Хлебович, 1974), расширена в свете новых данных – о мире РНК, зарождении жизни в калиевой среде и роли натриевого насоса в освоении животными современного натриевого океана. Критическую солёность предложено считать уровнем выработки предками животных натриевого насоса при увеличении в среде этого элемента. Происходящие в калиевой среде предшествующие процессы предложено рассматривать в рамках протоэволюции.

Ключевые слова: критическая солёность, происхождение жизни, натриевый насос, микроспоридии, протоэволюция.

Давно известный факт сходства ионного состава морской воды и внутренней среды организмов – плазмы крови, лимфы, гемолимфы, полостной жидкости и др. – дал основание свести исторически сложившиеся в разных науках различные формы выражения их концентраций к какой-либо одной. В качестве таковой была выбрана принятая в гидробиологии солёность, или общая масса солей в граммах, растворенная в литре воды (‰). Появилась возможность сравнивать солёностные зависимости самых разных процессов как во внешней среде, так и во внутренней, а также сравнивать их границы. Оказалось, что очень многие процессы резко меняются в узком солёностном диапазоне (около 5–8‰), который получил название – критическая солёность (Хлебович, 1974).

Критическая солёность в применении к внешней среде, относящаяся тем самым к гидрохимии и гидробиологии, получила удачное название хорогалинной зоны (*horohalinicum*, от греч. *horo* – разделять) (Kinne, 1971). Действительно, здесь пресноводная фауна сменяется морской, а разнообразие ионных отношений пресных вод сменяется строгим соответствием морских вод правилу Кнудсена – постоянством соотношений ионов (Хлебович, 1974, 2012; Хлебович, Аладин, 2010).

Что касается критической солёности внутренней среды, входящей в сферу интересов физиологии и биохимии, то приведенные примеры резких изменений функций, устойчивости структур и

активности ферментов я был склонен объяснять, как и хорогалинную зону, физико-химическими причинами. Таковой я считал действие суммы солей и особенно хлористого натрия, имея в виду, что он составляет около 80% всех солей морской воды и внутренних сред. Как частный случай наряду со всеми примерами были рассмотрены работы по солёностной зависимости K^+Na^+ -АТФазы, известной как натриевый насос. Фермент активировался при повышении содержания натрия выше 100 мМ (соответствует солёности около 6‰). Сейчас этот, в то время частный, случай приобретает большое общебиологическое значение в свете масштабных обобщений последнего десятилетия.

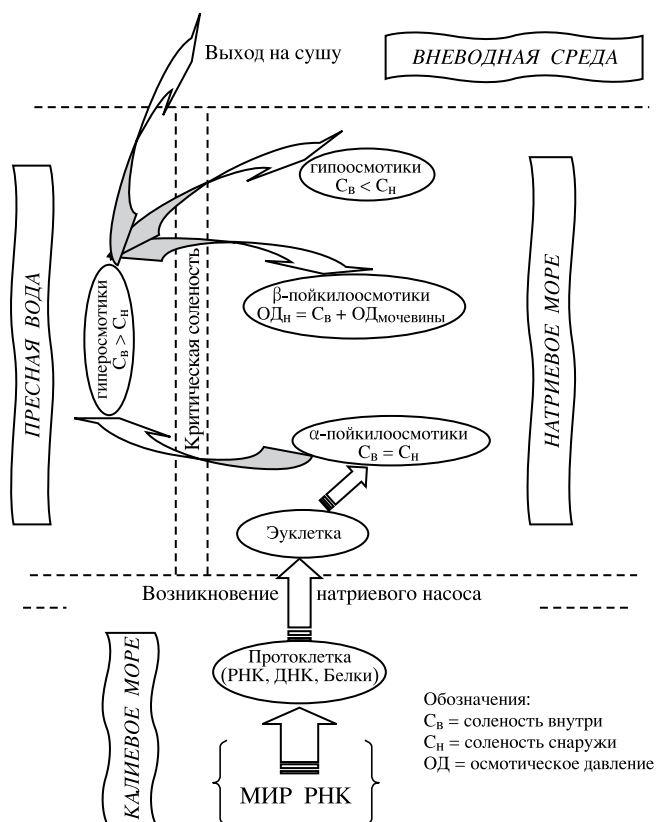
Ю.В. Наточин (2006, 2007, 2010) связал давно известный факт доминирования во внутриклеточной среде ионов калия с потребностью в нем процессов, связанных с жизнедеятельностью нуклеиновых кислот, и высказал предположение, что становление протоклеток происходило в калиевой среде. Очевидно, становление жизни началось с “мира РНК” на основе тех ее форм, которые оказались способны к матричному самовоспроизводству и проявлению каталитических свойств (Спирин, 2001, 2003). Позже, вероятно в той же калиевой среде появились первые протоклетки с дополнением к РНК еще и ДНК, и белков. Скорее всего, такой “калиевой” средой, местом зарождения первичных форм жизни, были материковые геотермальные поля (Mulkiđjanian et al., 2012). Затем дошло дело и до создания эукариот.

Очевидно, этот процесс начинался еще в калиевой среде и включал в себя перебор способов энергетического обеспечения синтезов (Mulikidjanian et al., 2008; Mulikidjanian et al., 2012; Хлебович, 2014а) и симбиогенеза (Марков, Куликов, 2005).

Если следовать положениям Ю.В. Наточина (2006, 2007, 2010), первый великий биологический кризис был вызван нарастанием в среде концентрации натрия, который этим создавал угрозу вытеснения из окружения нуклеиновых кислот ионов калия. Предки растений, водоросли, решили проблему удержания калия, выработав мощные углеводно-белковые оболочки. Грибы для этой цели используют хитиновые оболочки. И только протоклетка животных эффективно приспособила один из механизмов транспорта натрия, натриевый насос, для активного выкачивания из клетки излишков этого иона в обмен на нужный калий. Затем на основе натриевого насоса выработались многие другие виды трансмембранного транспорта, а также электрогенез (Болдырев, 2008; Mulikidjanian et al., 2008; Sáez et al., 2009; Хлебович, 2012). Благодаря натриевому насосу натрий из врага превратился в необходимую полезность по другую сторону клеточной мембраны. Именно с появлением мембраны со встроенным в нее натриевым насосом связывает Ю.В. Наточин (2006, 2007, 2010) прогрессивное развитие функций и особую активность царства животных.

Существует группа организмов, которая по своему решила проблему сохранения своих нуклеиновых кислот в калиевой среде. Это микроспоридии – одноклеточные внутриклеточные паразиты только животных, с минимальным у эукариот геномом и наличием специфического аппарата экстрюзии (Исси, Воронин, 2007; Vávra, Lukeš, 2013). Попытки сблизить микроспоридий с грибами на основании присутствия у тех и других хитина оказались безосновательны – хитин у них разной природы (Vávra, Lukeš, 2013). Тот факт, что у микроспоридий не обнаружено никаких следов натриевого насоса, такого полезного для разных случаев, позволяет предполагать это их изначальным свойством. Очевидно, эта группа, вероятно достойная очень высокого ранга, “въехала” в натриевый океан и далее распространилась в пресных водах и на суше, не покидая в активном состоянии калиевую среду клеток своих хозяев-животных (Хлебович, 2014а, б).

При описании эволюции солёностных отношений животных (Хлебович, 1974) мною предполагалось, что жизнь зародилась в океане в воде с химическим составом, близким к современному, при солёности чуть выше критических 5–8‰.



Эволюция солёностных отношений животных по В.В. Хлебовичу (1974) с изменениями Хлебович (2014а).

Причина этого виделась в изменении физико-химических свойств морской воды и растворов хлористого натрия, действительно происходящих при снижении солёности (Хлебович, Аладин, 2010; Хлебович, 2012). Теперь, в свете изложенного выше, становится ясным, что критическая солёность именно биологических процессов – это солёность, при которой природа вырабатывала натриевый насос для поддержания внутриклеточной калиевой среды в ответ на нарастание в среде концентрации натрия.

Явление критической солёности в применении к животным определяется свойствами K^+Na^+ -АТФазы как откачивание из клетки натрия при достижении его концентрации снаружи мембраны выше эквивалента 5–8‰ (более 100 мМ). Появление натриевого насоса у животных, происшедшее при солёности выше критической, маркирует переход с калиевой стадии развития жизни в натриевую (современную) стадию (рисунков). Эволюционные процессы, предшествовавшие этому переходу, качественно отличающиеся разнообразием путей метаболизма и симбиогенеза, предложено относить к протоэволюции (Хлебович, 2014б).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Болдырев А.А.* Роль Na/K-насоса в возбудимых тканях (обзор) // *J. Siberian. Federal Univ. Biol.* 2008. V. 3. № 1. P. 206–225.
- Исси И.В., Воронин В.Н.* Тип Microsporidia // *Руководство по зоологии Протисты. Часть 2.* 2007. С. 994–1045.
- Марков А.В., Куликов А.М.* Происхождение эвкариот: выводы из анализа белковых гомологий в трех надцарствах живой природы // *Палеонтол. журн.* 2005. № 4. С. 3–18.
- Наточин Ю.В.* Физико-химические детерминанты физиологической эволюции: от протоклетки к человеку // *Физиол. журн.* 2006. Т. 92. № 1. С. 57–71.
- Наточин Ю.В.* Физиологическая эволюция животных: натрий – ключ к разрешению противоречий // *Вестник РАН.* 2007. Т. 77. № 11. С. 999–1010.
- Наточин Ю.В.* Эволюционная физиология на пути от “Происхождения видов” к происхождению жизни // *Чарльз Дарвин и современная биология.* СПб.: Нестор-История, 2010. С. 321–337.
- Спирин А.С.* Биосинтез белков, мир РНК и происхождение жизни // *Вестник РАН.* 2001. Т. 71. № 4. С. 340–328.
- Спирин А.С.* Рибонуклеиновые кислоты как центральное звено живой материи // *Вестник РАН.* 2003. Т. 73. № 3. С. 117–127.
- Хлебович В.В.* Критическая солёность биологических процессов. Л.: Наука, 1974. 235 с.
- Хлебович В.В.* Экология особи (очерки фенотипических адаптаций животных). Санкт-Петербург: Изд. Зоол. ин-та РАН, 2012. 143 с.
- Хлебович В.В.* Этапы и принципы эволюции водно-солевых отношений организмов // *Биосфера.* 2014а. Т. 6. № 2. С. 70–75.
- Хлебович В.В.* Контуры протоэволюции // *Природа.* 2014б. № 8. С. 93–94.
- Хлебович В.В., Аладин Н.В.* Фактор солёности в жизни животных // *Вестник РАН.* 2010. Т. 80. № 5–6. С. 527–532.
- Kinne O.* Salinity – Invertebrates // *Marine Biol.* V. 1. Pt. 2. N.Y., Sydney, Toronto: Wiley-Interscience, 1971. P. 683–995.
- Mulkiđjanian A.Y., Bychkov A.Yu., Dibrova D.V. et al.* Origin of first cells at terrestrial, anoxic geothermal fields // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 2012. V. 109. № 14. P. 821–830.
- Mulkiđjanian A.Y., Galperin M.Y., Makarova K.S. et al.* Evolutionary primacy of sodium bioenergetics // *Biol. Direct.* 2008. V. 3:13.
- Sáez A., Lozano E., Zaldívar-Riverón A.* Evolutionary history of the Na,K -ATPase and their osmoregulatory role // *Genetica.* 2009. V. 136. № 3. P. 479–490.
- Vávra J., Lukeš J.* Microsporidia and ‘the art of living together’ // *Advances in Parasitol.* 2013. V. 82. P. 253–319.

Critical Salinity as a Marker of Transition from Potassium Stage to Sodium Stage of Life Development

V. V. Khlebovich

Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

The concept of critical salinity postulating sharp changes in abiotic and biotic processes at 5–8‰ was revised in the light of new data on RNA-World phenomenon, the origin of life in potassium medium, and the role of sodium pump in the colonization of the present sodium ocean by animals. The critical salinity is suggested to regard as the level of the animal sodium pump formation. The processes in the potassium medium before the sodium pump formation are proposed to consider within the framework of protoevolution.