

УДК 556/574/612

## ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ КОНЦЕПЦИИ КРИТИЧЕСКОЙ СОЛЁНОСТИ

© 2015 г. В. В. Хлебович

*Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург*

*E-mail: khleb32@mail.ru*

Концепция критической солёности в применении к внешней среде помогает определить гидрологические границы между морем и пресными водами, места максимального образования органических и неорганических осадков в настоящее время и в геологическом прошлом (первая стадия нафтогенеза), режим аквакультуры некоторых перспективных видов. Критическая солёность в приложении к внутренней среде имеет отношение к проблемам кровезаменителей и регуляции внутренней среды больных с целью недопущения гипонатриемии.

*Ключевые слова:* критическая солёность, гидрохимия, осадкообразование в градиенте солёности, нефтеобразование, аквакультура, кровезаменители, контроль внутренней солёности.

### ВВЕДЕНИЕ

Впервые о природном явлении, названном мной критической солёностью, было доложено на 1-м Всесоюзном съезде гидробиологического общества в 1965 г. Далее работы в этом направлении были обобщены в монографии (Хлебович, 1974). Суть явления заключается в том, что в градиенте природных солёностей от слабоминерализованных пресных вод до океанических почти все абиотические и биотические процессы меняются не линейно, а с более или менее резким переходом скоростей или направлений в узком солёностном диапазоне, около 5–8‰. Подтверждающие материалы и ответ на критику приведены в другой монографии (Хлебович, 2012).

В свете последних масштабных обобщений – о первичности мира РНК, происхождении жизни в калиевой среде и роли натриевого насоса в колонизации животными современного (натриевого) океана – предложено считать критическую солёность исторической границей образования натриевого насоса, маркером, отмечающим переход калиевой среды развития жизни в натриевую (Хлебович, 2014а,б). Очевидно, солёностная (натриевая) зависимость активности натриевого насоса, являясь биологической причиной сложных физиологических и эволюционных процессов (Наточин, 2005, 2006, 2007), сама возникла как зависимость от абиотических свойств растворов натрия.

О прикладном применении явления критической солёности ранее писалось: “Следует отметить существование прикладных аспектов проблемы. В частности, концепция критической солёности должна учитываться при разработке ряда акклиматизационных мероприятий, при прогнозировании фаунистических изменений в водоемах с меняющимся солевым режимом, при создании физиологических растворов и культуральных сред, при обосновании приемов выращивания ряда организмов. Она может оказаться весьма полезной для геологии, так как представляется, что характер органического осадкообразования в водоемах по разные стороны от зоны, соответствующей солёности 5–8‰, может быть совершенно различным, потому что обеспечивается жизнедеятельностью разных фаунистических комплексов” (Хлебович, 1974, с. 198). Настоящая статья уточняет некоторые изложенные выше положения.

### ГИДРОЛОГИЯ

Солёность определяется как сумма неорганических солей, растворенных в одном кубическом дециметре (литре) воды. Низкоминерализованные пресные воды и морская вода различаются не только по количеству солей, но и качественно. В морской воде доминируют одновалентные ионы натрия и хлора. Важнейшим свойством морской воды в широком диапазоне ее солёностей служит

постоянство соотношений растворенных ионов (правило Кнудсена). Это позволило определять солёность и концентрацию разных ионов по содержанию любого одного иона. В качестве такого иона был избран хлор в виду легкости и точности определения его концентрации аргентометрически. Многие десятилетия сотни океанографических экспедиций определяли солёность по хлору.

В отличие от морских вод, стабильных по соотношению ионов в широком диапазоне солёностей, пресные воды характеризуются доминированием двухвалентных ионов и большим разнообразием соотношений ионов в зависимости от источников и особенностей водосбора. Возникает вопрос, где в реальных градиентах солёности (например, в эстуариях) происходит смена разнообразия ионного состава пресных вод на морские, строго соответствующие правилу Кнудсена. На этот важный вопрос концепция критической солёности отвечает – в узком солёностном диапазоне 5–8‰ (Khlebovich, 1968; Хлебович, 1974, 2012).

Это означает, в частности, что солёность, определенная по хлору (‰) или по электропроводности (practical salinity unit, psu) при значениях ниже 5–8‰, требует серьезных поправок.

Со ссылкой на наши работы предложено считать зону критической солёности (5–8‰) “юридической границей” между пресными и морскими водами (Моисеев и др., 1987). Эта граница характерна для мест, где пресная вода встречается с солёной водой всех окраинных морей и океанов, включая такие полузамкнутые моря как Чёрное и Азовское. Однако в замкнутых морях-озерах, Каспийском и Аральском, диапазон критической солёности расширяется и смещается к более высоким значениям солёности (Аладин, 1989), что объясняется сильной метаморфизацией их вод.

Ранее А.Ф.Карпевич (1968), планируя пересадку некоторых азово-черноморских беспозвоночных в Каспийское и Аральское моря, предварительно исследовала солёностные диапазоны их жизнедеятельности в водах этих морей. Обнаружились существенные различия, которые исчезли, когда воду определяли только по хлору. Очевидно, специфическое действие критической солёности в значительной степени определяется концентрацией главного хлорида – NaCl.

В рамках Международного союза теоретической и прикладной химии (IUPAC) были разработаны компьютерные программы, по которым, в частности, можно рассчитать важнейшую характеристику растворенных в воде главных электролитов – коэффициент активности, при взаимодей-

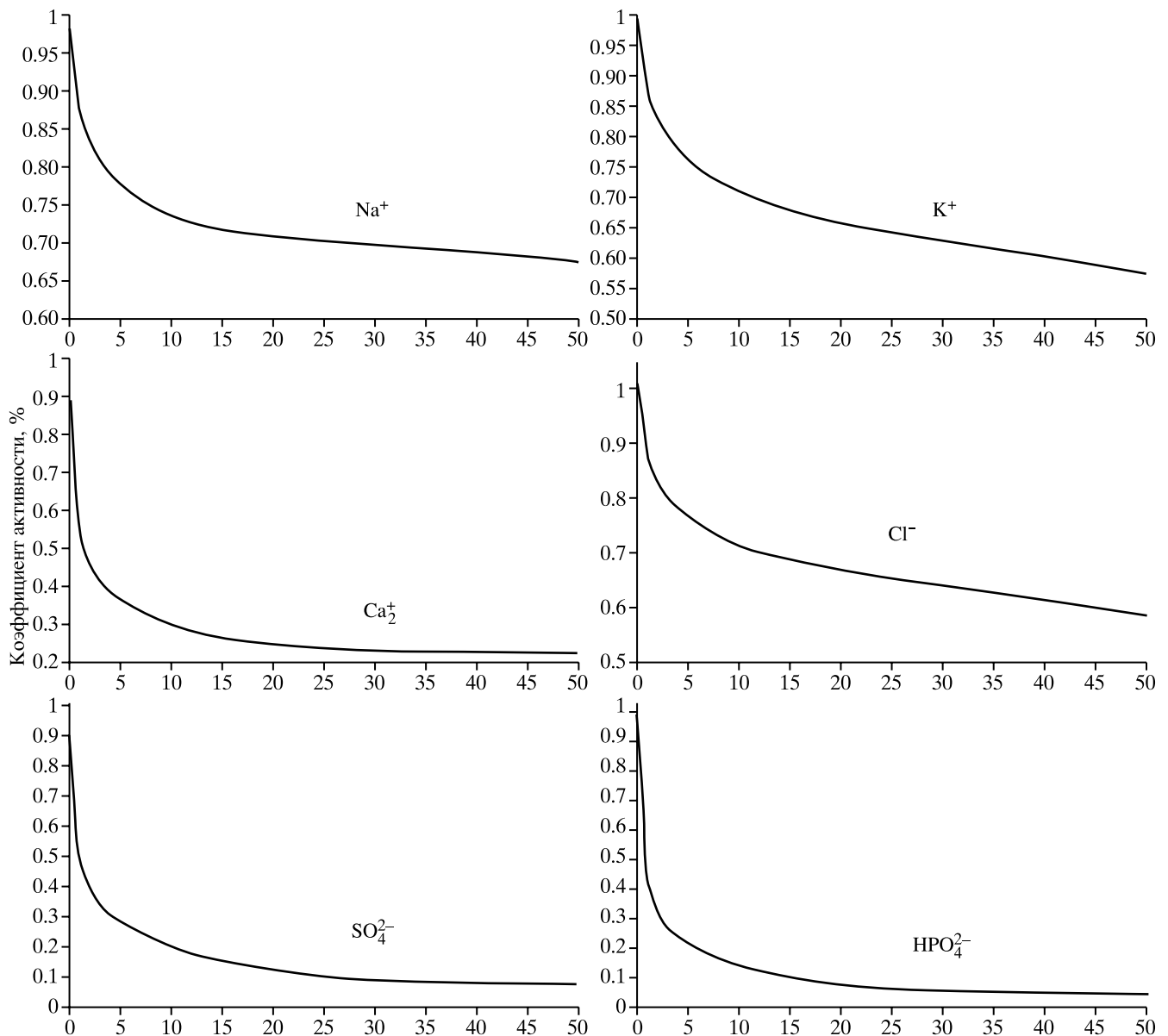
ствии их разных пар в различных концентрациях (Sukhno I.V., Buzko V.V., Petit L.D.: [www.acadsoft.sj.uk/aq\\_solutions.htm](http://www.acadsoft.sj.uk/aq_solutions.htm)). Эта работа оказалась полезной океанологам и экологам благодаря тому, что авторы в качестве одного из электролитов рассмотрели и солёность морской воды. На приведенных графиках, построенных мною (Хлебович, 2012) по этой программе, видно, что коэффициенты активности основных ионов морской воды имеют вид асимптоты, мало меняются при солёности выше 8–10‰ и быстро нарастают при солёности ниже 5–8‰ (рисунок). При анализе приведенных графиков следует иметь в виду, что они базируются на расчетах, исходящих из неизменности ионных соотношений морской воды, тогда как мы знаем о нарушениях правила Кнудсена ниже критической солёности.

Таким образом критическая солёность реально существует как абиотический фактор, определяя качественные различия вод выше и ниже критических значений 5–8‰. О дополнительном приложении концепции критической солёности к решению гидрологических задач будет сказано в разделе “Физиологические пресноводные виды морского происхождения”.

## ОСАДКООБРАЗОВАНИЕ В ГРАДИЕНТЕ СОЛЁНОСТИ

В.В. Гордеевым (1983, 2009) показано, что в природном градиенте солёности системы река – море мутность вод резко сокращается примерно до 5–8‰ и далее по мере увеличения солёности почти не меняется. Это означает, что основная масса осадков, соответствующих мутности вод, интенсивно выпадает на дно ниже критической солёности. Ранее в экспериментах с глинами, взмученными в пресной воде, их основные компоненты – иллит, пеллит и каолинит, быстро полностью осаждались уже при повышении солёности до 5‰ (Whitthouse et al., 1960). Аналогично вели себя в смесях морской и пресной воды частицы  $^{54}\text{Mn}$  (Аникеев и др., 1987).

Обобщая экспериментальные данные о скорости гибели пресноводных беспозвоночных при осолонении среды и морских организмов при опреснении, отмечалась особенно быстрая смертность и тех, и других именно при критической солёности. Это совпадало с фаунистической границей между пресноводной и морской фаунами в водоемах с плавным градиентом солёности (Хлебович, 1974). Л.Г. Коваль (1984), научившаяся в фиксированных пробах планктона



Коэффициенты активности ионов при разной солёности морской воды. (Рассчитаны по программе: Sukhno I.V., Buzko V.V., Pttit L.D. – [www.acadsoft.cj.uk/aq\\_solutions.htm](http://www.acadsoft.cj.uk/aq_solutions.htm)). По оси абсцисс – солёность,‰; по оси ординат – коэффициент активности, %.

различать изначально живых и отмерших особей, описала в северо-западной части Черного моря, в местах влияния дунайских вод, массовую гибель планктона с образованием некрозоопланктона при солёности около 5–8‰. Позже процессы преобразования осадков и связанное с этим переустройство экосистем, происходящее при солёностях примерно около критической, было названо А.П. Лисициным (1994) маргинальным фильтром океана.

Таким образом, мы можем утверждать, что в градиенте солёности, образуемом смешением пресных речных вод с морскими, образование не-

органических и органических осадков происходит не равномерно, а с особой интенсивностью, около критической солёности.

Очевидно, аналогичная зависимость осадкообразования от солёности существовала и в далекие геологические эпохи, вероятно во времена, когда в натриевое море вышли первые эукариоты (Наточин, 2005–2007; Хлебович, 2014а,б.), т.е. в докембрии.

Все это может иметь отношение к важнейшим прикладным аспектам нашего времени – условиям генезиса нефти, ее запасам и локализации месторождений. В настоящее время главенствуют

биогенные теории образования запасов углеводородов, нефти и газа. Вероятно, это был стадийный процесс с обязательной первой стадией – накоплением и погребением органических осадков. Затем, в результате тектонических сдвигов, осадочные породы оказывались в местах с высокой температурой и большим давлением, отчего происходило нечто похожее на перегонку с последующей возможностью накопления газа и нефти в карманах-полостях (Вассоевич, 1967; Карцев и др., 2001). Поэтому, в частности, при оценке возраста нефти нужно оговаривать, идет речь о времени накопления осадков или о времени окончательного оформления запасов в карманах-ловушках. Время между первой и окончательной фазой может различаться в сотни миллионов лет.

И.С. Гранберг (1998) утверждал, что нефтегазообразование прямо связано с материковыми окраинами океанов. Он обратил внимание на разный возраст океанов и на то обстоятельство, что более молодой океан имеет наибольший возраст материковых отложений и наибольшие накопления углеводородов. Поэтому минимальные запасы ценного сырья – вокруг более древнего Тихого океана, промежуточные – вокруг Индийского и Атлантического, и должны быть поистине гигантскими – вокруг молодого Северного Ледовитого океана. Местами образования и накопления органических осадков И.С. Гранберг считает внутренние моря и окраинные моря древних океанов. Принимая эту точку зрения, мы можем внести уточнение: массовое лавинообразное осадкообразование, первая стадия нефте- и газогенеза происходили в узком солёностном диапазоне критической солёности около 5–8‰.

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ПРЕСНОВОДНЫЕ ВИДЫ МОРСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Изредка в совершенно пресной воде можно встретить виды явно морского происхождения. Их существование возможно только, если они приобрели способность к гиперосмотической регуляции, т.е. к поддержанию солёности своей внутренней среды выше критических 5‰. Решив на пути освоения пресных вод эту проблему, не все они смогли приспособить к жизни в пресной воде своих лишенных осморегуляторных структур личинок. Такие животные, размножение которых возможно только в солёной воде (взрослые способны жить неограниченно долго в пресной воде), очевидно формировались в условиях эстуариев муссонного климата с их сухим периодом, обеспечивающим стабильную солёность воды,

и сезоном дождей с их возможным полным и долгим опреснением среды. Такие животные, названные нами “физиологически пресноводными морского происхождения” (Хлебович, Комендантов, 1985) могут считаться перспективным резервом аквакультуры. Характерная для многих таких видов высокая плодовитость дает возможность обеспечивать оплодотворение и личиночное развитие в небольших искусственных бассейнах с солёной водой с последующим выпуском приобретенной способности к осморегуляции молоди в пресноводный водоем. Учитывая особенности нашего климата и хозяйства, такими водоемами могут служить водоемы-охладители ТЭЦ и АЭС. Из видов для такой аквакультуры могут быть рекомендованы моллюски *Rangia cuneata*, некоторые виды рода *Corbicula*, креветки Peneidae и Palaemonidae из числа тех, что освоены аквакультурой Китая, Японии и Тайланда.

Физиологически пресноводные виды морского происхождения могут быть яркими индикаторами экстремальных гидрологических процессов. Так, обнаружение крупных особей полихеты *Hediste diversicolor* в Куршском заливе в совершенно пресной воде у пос. Нида, в десятках километров от соединения с Балтийским морем (Гасюнас, 1959), может свидетельствовать о мощном осеннем нагоне солёных вод в предшествующий год или два (Хлебович, 1996).

В 1994 и 1995 годах я обнаруживал поселения морских полихет рода *Marenzelleria* далеко в глубине Енисейского залива в совершенно пресной воде в зоне зарослей рдеста. Этот предел распространения вида совпадал с установленным гидрологами (Иванов, Осипова, 1974) пределом проникновения на юг придонного языка солёной морской воды (в это время физиологически пресноводный вид успевал завершить личиночное развитие становлением осморегуляторного аппарата). Гидрологами эта граница устанавливалась многолетними круглогодичными экспедициями, а гидробиологами – разовым разрезом в летнее, комфортное для работ время года.

### МЕДИЦИНСКИЙ АСПЕКТ

О солёности внутренней среды – крови, лимфы, гемолимфы, межклеточной жидкости – можно говорить, имея в виду сходство их ионного состава с таковым современного океана (Хлебович, 1974, 2012). По рассказам моих учителей, на кафедре гидробиологии и ихтиологии Ленинградского университета, до Отечественной войны был центр хранения “нормальной морской воды”

(отфильтрованная, содержание хлора 19.38‰, солёность 35.01‰), служащей различным учреждениям в качестве эталона при калибровке приборов для определения солёности. Во время блокады Ленинграда эта вода разводилась до 9.5‰, стерилизовалась и в таком виде использовалась в госпиталях как кровезаменитель. Говорилось, что в те же годы морская вода так же использовалась в военно-морских госпиталях Великобритании.

В обычное время в качестве безэритроцитного кровезаменителя человека и других млекопитающих при шоке, ожогах, диарее и кровопотерях применяют раствор Рингера–Локка, представляющего собой как бы упрощенный вариант морской воды солёностью 9.5‰ (NaCl – 9 г/л, KCl – 0.2 г/л, CaCl<sub>2</sub> – 0.2 г/л, NaHCO<sub>3</sub> – 0.2, глюкоза – 1 г/л). Судя по описанию лихорадки Эбола, раствор Рингера–Локка необходим при этой болезни, сопровождающейся большими потерями жидкостей и солей. Этот же раствор применяется при культивировании тканей и переживании органов до их трансплантации.

Регуляция солёности внутренней среды человека и млекопитающих (ее часто неправильно называют осморегуляцией) направлена на ее гомеостаз около 9.5‰. Обращалось внимание, что “избранные” организмом уровни гомеостаза внутренней солёности, так же как и уровни температуры и pH, оказываются близкими критическим дозам фактора по отношению к устойчивости белков (Хлебович, 2005, 2007). Гипонатриемия начинается у человека при снижении натрия в плазме ниже 120 мМ/л (7.25‰). Здесь проявляется своего рода компромисс между энергетическими выгодами регулирования вблизи критических точек (фазовых переходов) и гарантированными условиями витальности белковых структур.

Большая опасность грозит человеку после инсульта, помимо всего прочего, и от нарушения механизмов его солёностного гомеостаза. Этому способствуют: нарастающая отечность головного мозга, нарушения сознания, речи и глотания. Когда под контролем уровня осмолярности плазмы крови (прямая связь с внутренней солёностью) стали корректировать режим питья подсоленной воды, летальность больных резко снизилась (Виленский, Наточин, 1998, 2004).

Естественно, большая часть медицинских вопросов исследуется на самом человеке или на других млекопитающих. Между тем, истоки многих адаптаций уходят далеко в глубь прошлого, в частности во времена существования животных только в море в виде лишенных осморегуляции

пойкилоосмотических организмов (не проникающих ниже 5–8‰). Исследование таких адаптаций у современных морских пойкилоосмотиков может способствовать большему пониманию соответствующих функций. Долгое время считалось, что способность некоторых лейкоцитов в случае их перегрузки поглощенными бактериями самосжигаться перекисью выработалась во внутренней среде позвоночных. Сравнительно недавно (Лабас и др., 2006) было показано, что этот тип иммунитета существует практически у всех пойкилоосмотиков и осуществляется наружными клетками слизистого эпителия.

### ПРЕЗУМПЦИЯ МОРСКОГО НАЧАЛА

Многие десятилетия в гидробиологии непримиримо противостояли друг другу две теории – одна, признающая существенную роль “осмотического питания” путем поглощения покровами растворенных органических веществ (А. Пюттер), и вторая, полностью отрицающая такой процесс, теория А. Крога. Нами (Комендантов, Хлебович, 1989) было показано, что поглощение покровами растворенных органических веществ (РОВ) в виде свободных аминокислот и моносахаров есть солёностно-зависимый процесс. Он характерен для обитающих выше критической солёности пойкилоосмотических беспозвоночных и отсутствует или слабо выражен у пресноводных организмов. Проблема поглощения РОВ существенна для морских беспозвоночных и не актуальна для пресноводных.

Согласно современным взглядам, первичными формами нервной системы считаются нейросекреторные клетки (НСК), выделяющие в жидкости организма высокомолекулярные белковые продукты сигнального значения. При этом отмечается, что по происхождению НСК близки эпителиям, осуществляющим контакт с внешней средой (Поленов, Кулаковский, 1993; Гарлов и др., 2005). А почему бы не представить, что продуцируемый клетками белковый секрет организмы выделяют не внутрь, а наружу с теми же сигнальными целями? Это возможно еще и потому, что именно в морской воде (как и в солёной плазме) сохраняется конформация белков (Хлебович, 1974). И такой пример нашелся.

Сцифоидная медуза *Chrysoara quinquecirrha* зимует в виде прикрепленной полипоидной стадии сцифистомы на разных глубинах. Первыми весной приступают к стробилиации, образованию плавающих медузок, полипы, обитающие в верхних слоях, и сигналом этому служит подъем

температуры. Приступившие к стробилиации под влиянием нагрева особи в течение трех часов выделяют особыми клетками специфический белок с м.в. 60 кД, который служит сигналом начала стробилиации обитающим глубже в более холодной воде полипам (Loeb, 1974; Loeb, Hayes, 1981).

Во всех трех случаях выработанные наружными структурами морских пойкилосмотических животных механизмы – транспорта аминокислот и сахаров, форм иммунитета и нейрогормональной регуляции – можно считать первичными и исходными для формирования функций внутренней среды высших организмов.

Кроме того, следует обратить внимание на перспективность поисков экзогормонов белковой природы именно в морской среде, способствующей поддержанию их конформации. Это направление работ довольно трудоемко, но может дать большой эффект, в частности, в борьбе с вредными вселенцами. На примере с упомянутой сцифомедузой *Chrysoara* можно предположить, что применение мельчайших концентраций экзогормона позволит спровоцировать выход активных стадий не к продуктивному лету, а к голодной зиме, и тем сократит численность популяции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аладин Н.В.* Критический характер биологического действия каспийской воды солёностью 7–11‰ и аральской воды солёностью 8–13‰ // Тр. Зоол. ин-та АН. 1989. Т. 196. С. 12–21.
- Аникеев В.В., Волков А.А., Лобанов А.А. и др.* Поведение тяжелых металлов при смешении морских и речных вод. Влияние солевого фона на трансформацию форм нахождения Cr, Fe, Zn и Mn // Радиохимия. 1987. Т. 29. № 4. С. 554–561.
- Вассоевич Н.Б.* Теория осадочно-миграционного происхождения нефти // Изв. АН СССР. Сер. Геология. 1967. № 11. С. 135–156.
- Виленский Б.С., Наточин Ю.В.* Снижение летальности при коррекции водно-солевого обмена базальной терапии ишемического инсульта // Журн. неврологии и психиатрии. 1998. № 10. С. 38–40.
- Виленский Б.С., Наточин Ю.В.* Коррекция нарушений водно-солевого баланса / Виленский Б.С. Неотложные состояния в неврологии. Санкт-Петербург: ФОЛИАНТ, 2004. С. 221–226.
- Гарлов П.Е., Кузик В.В., Поленов А.Л.* Эволюционные аспекты нейроэндокринологии // Основы нейроэндокринологии. Санкт-Петербург: Элби-СПб., 2005. С. 403–417.
- Гасюнас И.* Кормовой зоомакробентос залива Куршю марес // Куршю марес. Итоги комплексного исследования. Вильнюс: АН Лит. ССР, 1959. С. 191–282.
- Гордеев В.В.* Речной сток в океан и черты его геохимии. М.: Наука, 1983. 160 с.
- Гордеев В.В.* Система река – море и ее роль в геохимии океана: Автореф. дисс. ... докт. геол.-минерал. наук. М.: Ин-т океанол. РАН, 2009. 36 с.
- Гранберг И.С.* Глобальный аспект нефтегазоносности континентальных окраин океанов // Геология нефти и газа. 1998. № 10. С. 27–32.
- Иванов В.В., Осипова И.В.* Сток в устьевой области Енисея и его многолетняя изменчивость // Труды Аркт. Антаркт. НИИ. 1974. Т. 308. С. 35–41.
- Карневич А.Ф.* Акклиматизация рыб и беспозвоночных в водоемах СССР. Ихтиологическая комиссия. М.: Наука, 1968. 272 с.
- Карцев А.А., Лопатин Н.В., Соколов Б.А., Чахмасев В.А.* Торжество органической (осадочно-миграционной) теории нефтегазообразования к концу XX века // Геология нефти и газа. 2001. № 3. С. 2–5.
- Коваль Л.Г.* Зоо- и некрозоопланктон Черного моря. Киев: Наукова думка, 1984. 128 с.
- Комендантов А.Ю., Хлебович В.В.* Солёностная зависимость поглощения водными беспозвоночными растворенных органических веществ // Труды Зоол. института. 1989. Т. 196. С. 22–50.
- Лабас Ю.А., Гордеева А.В., Наглер Л.Г.* Генерация активных форм кислорода морскими беспозвоночными: механизмы и возможная биологическая роль // Журн. эволюц. биохим. физиол. 2006. № 3. С. 201–207.
- Лисицин А.П.* Маргинальный фильтр океанов // Океанол. 1994. Т. 34. № 5. С. 735–747.
- Моисеев П.А., Нейман А.А., Русина Н.Я., Селиванова Н.А.* Определение понятий “Живые ресурсы океана и среда их обитания” и “научные исследования в отношении живых ресурсов Мирового океана” // Биологические ресурсы открытого океана. М.: Наука, 1987. С. 252–263.
- Наточин Ю.В.* Роль ионов натрия как стимула в эволюции клеток и эволюции многоклеточных животных // Палеонтол. журнал. 2005. № 4. С. 19–24.
- 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.
- Поленов А.Л., Кулаковский Э.Е.* Происхождение и эволюция нейроэндокринных клеток и нейрогормональной регуляции у Metazoa // Нейрокринология. Кн. 1. Ч. 1. Санкт-Петербург: Наука, 1993. С. 13–31.

- Хлебович В.В.* Критическая соленость биологических процессов. Л.: Наука, 1974. 236 с.
- Хлебович В.В.* Многощетинковые черви семейства Nereididae морей России и сопредельных вод // Фауна России и сопредельных стран. Санкт-Петербург: Наука, 1996. 140 с.
- Хлебович В.В.* Уровни гомойотермии и гомойосмии и вероятные причины их определяющие // Журн. общ. биол. 2005. Т. 66. № 5. С. 431–437.
- Хлебович В.В.* Уровни гомеостаза // Природа. 2007. № 2. С. 61–66.
- Хлебович В.В.* Экология особи (очерки фенотипической адаптации 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. 170–175.
- Хлебович В.В.* Контурсы протоэволюции // Природа. 2014 б. № 8. С. 93–94.
- Хлебович В.В.* Критическая солёность как маркер смены калиевой эпохи развития жизни на натриевую // Успехи соврем. биол. 2015. Т. 135. № 1. С. 18–20.
- Хлебович В.В., Комендантов А.Ю.* О физиологически пресноводных беспозвоночных морского происхождения // Журн. общ. биол. 1985. Т. 46. № 3. С. 331–335.
- Khlebovich V.V.* Some peculiar features of the hydrochemical regime and the fauna of mesohaline waters // Marine Biol. 1968. V. 2. № 1. P. 47–49.
- Loeb M.J.* Strobilation in the Chesapeake bay sea nettle *Chrysaora quinquecirrha*. III. Dissociation of the neck-inducing factor from strobilating polyps // Compar. Biochem. Physiol. 1974. V. 49A. P. 423–432.
- Loeb M.J., Haves D.K.* Strobilation in the Chesapeake bay sea nettle *Chrysaora quinquecirrha*. V. Neurons and neurosecretion // Trans. Amer. Microscop. Soc. 1981. V. 100. P. 264–270.
- Sukhno I.V., Buzko V.V., Petit L.D.* [www.acadsoft.cj.uk/aq\\_solutions.htm](http://www.acadsoft.cj.uk/aq_solutions.htm).
- Whitthouse U.G., Jeffrey L.M., Debbrecht J.D.* // Clay. Min. 1960. V. 1. P. 1–79.

## Applied Aspects of the Concept of Critical Salinity

V. V. Khlebovich

Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia  
E-mail: [kleb32@mail.ru](mailto:kleb32@mail.ru)

The concept of critical salinity related to the environment (as horohaliniсum zone) helps to determine hydrological borders between the sea and fresh waters, localities of maximum sedimentation of organic and inorganic deposits nowadays and in the past (naphtogenesis problem), and the regime of aquaculture of some species. The critical salinity applied to the internal environment (plasma, lymph and haemolymph) is related to problems of blood substitution and ionoregulation.