

Е. С. Верстаков, С. А. Коробкова

Кафедра физики ВолГМУ

О НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ БИШОФИТА

УДК 547.021

Экспериментальным путем установлены и проанализированы физико-химические свойства водного раствора $MgCl_2$ как эквивалента природного бишофита, показана равноценность их физических параметров и действия на живые организмы.

Ключевые слова: бишофит, физико-химические свойства, растворы электролитов.

E. S. Verstakov, S. A. Korobkova

SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF BISCHOFIT

Physical and chemical properties of water solution $MgCl_2$ as equivalent of natural bischofit were established experimentally and analyzed by the authors of the article. The study demonstrates the equivalence of water solution $MgCl_2$ and bischofit physical parameters and their action on living organisms.

Key words: bichofit, physical and chemical properties, solutions of electrolytes.

Бишофит, или ископаемая соль, содержащая уникальное количество магния хлорида (88—96 %), имеет уникальную способность оказывать положительные биологические и лечебные действия на живые организмы. Известно, что магний в организме человека — это главный энергетик клеток, участвующий почти во всех клеточных процессах [6]. Он активирует до 76 % ферментов в организме человека. При дефиците магния более 350 биохимических реакций, которые должны происходить в организме человека при непосредственном участии магния, либо не произойдут, либо произойдут лишь частично [3].

Установлено, что бишофит, кроме магния, содержит в себе 65 элементов таблицы Менделеева, в том числе большое количество различных микроэлементов (бром, бор, йод, медь, железо, кремний, рубидий, молибден, титан, литий и др.), которые обладают известной фармакологической активностью [1]. Биологическое действие бишофита связано со стимулированием белкового и липидного обменов, повышением интенсивности окислительно-восстановительных процессов и индукцированием ряда ферментов в организме человека.

Очевидно, что биологические и лечебные действия бишофита выдвигают настоятельную необходимость исследования его физико-химических свойств и их систематизации.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Сравнение физико-химических свойств бишофита и искусственно приготовленного водного раствора хлористого магния при равенстве концент-

раций $MgCl_2$ для выявления отрицательного или положительного действия на живые организмы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Измерения вязкости проводились на вискозиметре «ВПЖ-1» с относительной ошибкой 0,3 %. Плотность растворов определялась ареометром с точностью до $0,5 \times 10^{-3}$ г/см³. Измерения электропроводности проводились на стандартном измерительном мосте Е7-4. Применялись ячейки с чернеными платиновыми электродами. Емкость ячейки составляла 9×10^{-2} пф, а погрешность в определении электропроводности — 1,4 %. Коэффициент преломления определялся на лабораторных рефрактометрах «ИРФ-454Б2М» с точностью до $0,5 \times 10^{-3}$. Так как в рассоле бишофита имеются и другие химические соединения ($CaCO_3$, $CaHCO_3$, $CaSO_4$, $CaCl_2$, $MgBr_2$, KCl), которые в процентном отношении к $MgCl_2$ составляют от 0,03 до 1,7 %, нами для сравнения были измерены те же свойства водных растворов $MgCl_2$ при температуре 5—50 °С, где в качестве растворителя применялась дистиллированная вода, а концентрация $MgCl_2$ бралась такой же, как и в бишофите.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В данной работе представлены результаты исследования некоторых физико-химических свойств бишофита: вязкость, плотность, электропроводность, коэффициент преломления в интервале температур 5—50 °С. Экспериментальные данные приведены в табл. 1. Обращает на себя внимание то, что количественные характеристики для бишофита и водных растворов $MgCl_2$ мало отличаются.

ТАБЛИЦА 1

Сравнительные данные физических свойств по бишофиту и MgCl₂ (водных растворов)

t°С	Вязкость, сП		Плотность, г/см ³		Показ. преломлен.		Уд. электропров., Ом ⁻¹ ·см ⁻¹		кДж/моль		
	бишофит	водный раствор MgCl ₂	бишофит	водный раствор MgCl ₂	бишофит	водный раствор MgCl ₂	бишофит	водный раствор MgCl ₂	$\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$	$\Delta F_{\eta}^{\ddagger}$	$T \cdot \Delta S_{\eta}^{\ddagger}$
5	21,37	-	1,327	-	1,427	-	4,19	4,07	21,8	21,1	- 0,7
10	17,86	17,63	-	1,327	-	-	4,83	4,71			
15	14,35	13,81	1,324	-	1,426	-	5,48	5,32			
25	10,13	9,97	1,322	1,322	1,425	1,410	6,54	6,76			
35	7,626	7,50	1,319	1,318	1,424	1,408	8,93	8,81			
50	5,426	5,11	1,316	1,312	1,422	1,405	-	-			

Известно, что теория абсолютных скоростей реакций дает возможность определить термодинамические функции активации вязкого течения [2]. По полученным данным были рассчитаны энтальпия ($\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$), свободная энергия ($\Delta F_{\eta}^{\ddagger}$) и энтропия ($T \cdot \Delta S_{\eta}^{\ddagger}$) активации вязкого течения, величины которых практически не отличаются для бишофита и водного раствора MgCl₂. В пределах ошибок опыта они оказались равными:

$$\Delta H_{\eta}^{\ddagger} = 21,8 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta F_{\eta}^{\ddagger} = 21,1 \text{ кДж/моль}$$

$$T \cdot \Delta S_{\eta}^{\ddagger} = -0,7 \text{ кДж/моль}$$

Ориентируясь на величину энтальпии активации вязкого течения ($\Delta H_{\eta}^{\ddagger} = 21,8$ кДж/моль), можно предполагать, что процессы вязкого течения обусловлены разрывом и образованием приблизительно одной водородной связи, то есть в таких концентрированных растворах, как бишофит, вязкое течение определяется перераспределением водородных связей, не связанных ионами молекул воды. Очевидно, что электрические силы, действующие между ионами соседних слоев в растворе электролита, увеличивают вязкость, но в настоящее время теория не дает возможности рассчитать повышение вязкости в связи с указанным взаимодействием даже в первом приближении. Поскольку действие иона хлора (Cl⁻) на процессы вязкого течения в концентрированных растворах весьма трудно установить [5], значительное повышение вязкости следует рассматривать как относящееся исключительно к катионам Mg²⁺, поскольку гидратные числа для иона Mg²⁺ ≈ 9÷12. Это на порядок выше по сравнению с числами для иона Cl⁻.

Обращает на себя внимание весьма малое по модулю и отрицательное по знаку значение энтропии активации вязкого течения ($T \cdot \Delta S_{\eta}^{\ddagger} = -0,7$ кДж/моль). В то же время, по данным [4], энтропии растворения ионов Mg²⁺ и Cl⁻ в воде составляют -96,5 кДж/моль и -30,5 кДж/моль соответственно. По всей ви-

димости, такое положение указывает на значительное взаимодействие ионов с молекулами воды, что приводит к сильному нарушению взаимной упорядоченности ее молекул, характерной для чистой воды. Естественно, что с увеличением расстояния от иона связывание молекул воды ионами ослабевает. Это еще раз подтверждает то, что процесс вязкого течения должен осуществляться за счет несвязанных ионами молекул воды.

Для того чтобы понять законы движения ионов в концентрированных растворах электролитов, необходимо ответить на вопрос, как связана подвижность ионов с изменением вязкости раствора, если принять во внимание, что это изменение вязкости вызвано самими ионами. Однако, как отмечалось выше, в концентрированных растворах мы не можем оценить величину межионных взаимодействий. Качественно же можно предполагать, что ионы растворенного вещества искажают линии потока вязкой жидкости, делая безвихревое течение вихревым.

Данные диэлектрических измерений в диапазоне СВЧ водных растворов хлористого магния (концентрация 4 м) не показывают каких-либо существенных отклонений от тех закономерностей, которые присущи, вообще, концентрированным водным растворам электролитов (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2

Диэлектрические характеристики водных растворов хлористого магния

Концентрация (молярность)	ϵ_s	λ_s	α
1	57,1	1,51	0
2	49,0	1,20	0,19
3	44,3	1,70	0,37
4	42	-	0,39

Примечание. ϵ_s — статистическая диэлектрическая пропорциональность, λ_s — длина волны при максимуме диэлектрических потерь, α — параметр распределения времен релаксации.

Резкое снижение статической диэлектрической проницаемости (ϵ_s), увеличение длины волны (λ_s), соответствующей максимуму диэлектричес-

ких потерь, а также широкий спектр распределения времен релаксации (α) указывают на сильное ион-дипольное взаимодействие, вызывая те внутренние явления в структуре растворителя, которое достаточно подробно описаны [7].

Величины электропроводности (табл. 1) бишофита и водных растворов хлористого магния мало отличаются друг от друга. Такой результат указывает на то, что электропроводность вышеуказанных растворов, в основном, определяется ионами Mg^{2+} и Cl^- , хотя ассоциация ионов, вероятно, накладывает свой отпечаток, так как величины электропроводности для таких растворов можно было ожидать значительно большими.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследованные нами физико-химические свойства бишофита и искусственно приготовленного водного раствора хлористого магния при равенстве концентраций $MgCl_2$ не показали большого различия между ними. Это не дает оснований к предположению о наличии у бишофита некоторых «необычных» свойств, которые мог-

ли бы оказать при биологическом действии на живые организмы отрицательное влияние.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека. — М.: Медицина, 1991. — 495 с.
2. Глестон С., Лейдлер К., Эйринг Г. Теория абсолютных скоростей реакций. — М.: Гос. изд-во иностранной литературы, 1948. — 581 с.
3. Иежеца И. Н. Фундаментальные аспекты создания на основе минерала бишофит магниев-содержащих лекарственных средств: Автореф. дис. докт. биол. наук. — Волгоград, 2008. — 41 с.
4. Крестов Г. А., Афанасьев В. Н., Ефремова Л. С. Физико-химические свойства бинарных растворителей: Справ. изд. — М.: Химия, 2006. — 688 с.
5. Робинсон Р., Стокс Р. Растворы электролитов. — М: Изд-во «Миттель Пресс», 2003. — 646 с.
6. Сысуев Б. Б. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2001. — Т. 131, № 2. — С. 47—49.
7. Harris F. E. Dielectric properties of aqueous ionic solutions at microwave frequencies. J. Chem. Phys. — 1998. — № 91. — P. 310—319.