УДК 576.3

ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИЧИНА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛАВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В КЛЕТОЧНЫХ РАСТВОРАХ

Романов А.М.

Институт геофизических исследований, Курчатов, e-mail: ramix06@mail.ru

В процессе жизнедеятельности организмы поглощают природную воду. В природной воде содержания натрия обычно превышают содержания калия. В поглощенной воде соотношения натрия-калия изменяются: в межклеточных растворах они увеличиваются, а во внутриклеточных – возрастают до резкого преобладания содержаний калия над остальными катионами. Методом исключения устанавливается, что наиболее вероятной физической причиной этого является электрическое поле, селективно препятствующее поступлению различных катионов, в клетку. Наименьшее препятствие электрическое поле оказывает поступлению калия и рубидия. В связи с малыми концентрациями рубидия в природных водах основным накапливаемым элементом в клетках является калий. Объяснение природы накопления доказывает, что основной физической причиной перераспределения главных химических компонентов в клеточных растворах является электрическое поле. Поле формируется в результате движения растворов относительно твердой фазы организмов, в частности – через мембраны клеток. Отсюда следует необходимость разработки нового представления о перераспределении химических компонентов в клеточных растворах.

Ключевые слова: химические компоненты, растворы, клетка

PHYSICAL CAUSES REDISTRIBUTION OF MAIN CHEMICAL COMPONENTS IN CELLULAR SOLUTIONS

Romanov A.M.

Institute of geophysical research NNC RK, Kurchatov, e-mail: ramix06@mail.ru

Biological organisms absorb natural water during of the life. The sodium content in the natural water higher than the potassium content is usually. The ratio of sodium-potassium changes in the absorbed water: it increase in the intercellular solutions, and it decrease a sharp for the intracellular solutions. Potassium to predominance of the contents of over other cations in the intracellular solutions. The elimination method is determined that the most likely physical cause of this is the electric field selectively preventing the flow of various cations in the cell. Electric field provides the smallest obstacle for the flow of potassium and rubidium. Concentrations of rubidium in natural waters is very low then the concentrations of potassium. The explanation of the nature of accumulation proves that the main physical cause of the redistribution of the main chemical components in the cell solution is the electric field. The field is a result of the moving of solutions relative to the solid phase organisms, in particular through the cell membrane. Hence: the need to develop new ideas about the redistribution of chemical components in the cell solutions.

Keywords: chemical compounds, solutions, cell

Жизнедеятельность организмов связана с поглощением природной воды. Вместе с водой в организмы поступают растворенные вещества. В организмах вещества перераспределяются. Перераспределения регистрируются химическим анализом. Полученные данные отражают процессы, происходящие в организмах.

Типичные соотношения содержаний натрия и калия в природных средах, где обитают организмы, представлены данными табл. 1:

– средние содержания натрия и калия в твердой фазе горных породах континентальной коры – преимущественно близки [4]. Также близки растворимости наиболее распространенных минералов горных пород – микроклина ($KAlSi_3O_8$) и альбита ($NaAlSi_3O_8$) [4];

– несмотря на это в водах, протекающих по горным породам, содержания натрия в 4–30 раз больше, чем калия [3].

В водах, поглощенных организмами, соотношения содержаний натрия и калия существенно изменяются (табл. 2):

Таблица 1

Различие распределений натрия и калия в твердой и жидкой фазах горных пород

Горные породы	Твердая фаза (%)			Жидкая фаза (мг/л)		
Состав:	Na	K	Na/K	Na	K	Na/K
Ультраосновные	0,5	0,03	19	3,2	0,15	21,3
Основные	1,9	0,8	2,3	59	2	29,5
Средние	3	2,3	1,3	6,3	1,6	3,9
Кислые	2,7	3,3	0,8	2,4	0,5	4,8
Осадочные	0,7	2,3	0,3	32,8	3,6	9,1

– внеклеточные растворы характеризуются соотношением 36:1. Это заметно превышает соотношения содержаний натрия и калия в природных водах;

– внутриклеточные растворы – соотношением 1:13, диаметрально противоположным соотношению натрия и калия в жидкой фазе окружающей среды.

Т.е. жизнедеятельность биологических организмов приводит к перераспределению основных химических компонентов (натрия, калия, кальция, хлора и гидрокарбонат-иона). Очевидно, что наиболее существенные изменения происходят при переходе растворов из межклеточного пространства и обратно. Границами раздела клеток и межклеточного пространства являются мембраны клеток. Именно при движении растворов через мембраны вещества перераспределяются.

Возникает вопрос: какая причина приводит к указанному перераспределению калия и натрия в клеточном растворе? Движение растворов через мембраны является механическим процессом. Без привлечения дополнительных факторов объяснение причин воздействия механического процесса (движения растворов) на содержания химических компонентов сред – невозможно.

Прохождение химических реакций, обуславливающих перераспределение веществ, возможно только в случае различия энергии клеток и межклеточного пространства. В условиях организма различие наиболее проявлено в уровнях кинетической энергии движения растворов: клетки характеризуются пониженной подвижностью растворов и пониженной энергией относительно межклеточного пространства. Одним из возможных следствий выравнивания энергий клетки и межклеточного пространства является перераспределение концентраций веществ между ними.

Само по себе различие в механической энергии не может непосредственно и значимо влиять на прохождение химических реакций. Гравитационные и магнитные эффекты живыми организмами не производятся. Это же относится радиационному излучению, а также к испарению и вымораживанию, как следствию внутренних биологических процессов. Давление и температура поддерживаются в таких узких пределах, что значимо влиять на изменение направления и скорости химических реакций непосредственно в живых организмах не могут. Объемы жидкой и твердой фаз изменяются крайне медленно по сравнению со скоростями химических реакций, происходящими в организмах.

Методом исключения устанавливается, что наиболее вероятным и значимым по происхождению и воздействию на химические процессы в организмах является электрическое поле [6].

Напряженность электрического поля оказывает непосредственное и направленное силовое воздействие на электрически заряженные частицы твердой и жидкой фаз (ионы). Соответственно происходит воздействие на обмен веществ между фазами и прохождение химических реакций.

Согласно принципу электронейтральности [6] через мембрану и ее каналы должны проходить не потоки одноименно заряженных ионов, а молекулы с суммарным электрическим зарядом равным нулю. Электрическое поле оказывает силовое воздействие на электронейтральные молекулы. Основание: ионы, составляющие молекулы, характеризуются различными уровнями энергии взаимодействия с электрическим полем. В большинстве случаев энергия воздействия электрического поля на катионы превышает энергию воздействия на анионы. В результате, электрически нейтральные молекулы движутся в сторону понижения потенциала.

Таблица 2

Внутри- и внеклеточные концентрации ионов веществ в мышечных клетках гомойотермных животных. Данные [2, 8]

Компонент	В клетке	Вне клетки	Ионный радиус
	ммоль/л		10^{-10}м
K^+	155	4	1,33
Na^+	12	145	0,98
Ca^{2+}	0,00005	2	1,04
Cl^-	4	120	2,22
HCO_3^-	8	27	1,58
Анионы высокомолекулярные	155		
Катионы (прочие)		5	

Таблица 3

Значения энергии, сообщаемые ионам электрическим полем (относительно иона водорода)

Ион	Валентность [1]	Ионный радиус r (*10^{-10}м) [1]	Энергия ($A_i/A_н$)
Cl-	– 1	1,72–1,81	0,055–0,058
HCO_3-	– 1	1,58	0,063
OH-	– 1	0,35	0,285
Rb+	1	1,49–1,57	0,064–0,067
K+	1	1,33–1,46	0,068–0,075
Na+	1	0,95 – 0,98	0,102–0,105
Li+	1	0,60–0,82	0,122–0,167
Cs+	2	1,65–1,78	0,224–0,242
Ca++	2	0,99–1,06	0,377–0,404
H+	1	0,10	1

Для определения энергии электрического поля ионов используется известная формула [5]:

$$A_i = \frac{3*(ne)^2}{5*r_i}$$

где A_i – энергия поля, создаваемого ионом, e – заряд электрона, n – валентность иона; r_i – радиус иона.

Сравнение характеристик энергии воздействия электрического поля на ионы, входящие в состав жидкой фазы организмов, приведено в табл. 3.

Сравнительная характеристика силового воздействия электрического поля на различные вещества представлена в табл. 4, проиллюстрированной рисунком. Наименьшие значения энергии воздействия свойственны $RbHCO_3$, наибольшие – $CaCl_2$.

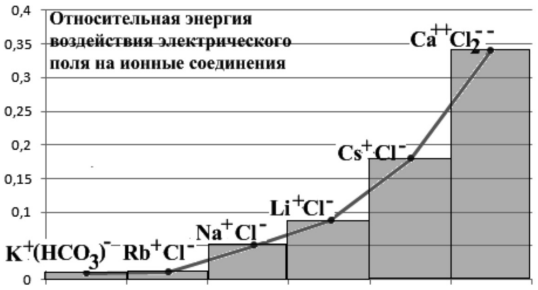
Содержания ионов натрия и хлора в растворах вне клеток – наибольшие (табл. 2). С учетом принципа электронейтральности близость содержаний определяет преимущественную взаимосвязь натрия и хлора. Повышенная электроположительность катионов рубидия относительно катионов лития, натрия, калия, цезия и кальция, также обуславливает преимущественное соединение рубидия с анионами хлора, имеющими наибольшую электроотрицательность. При этом калию достается преимущественная связь с менее электроотрицательным гидрокарбонат-ионом.

На основании изложенного принимается, что основным фактором, влияющим на перераспределение химических веществ, является естественное электрическое поле, возникающее при движении водных растворов относительно тканей организма.

Таблица 4

Значения энергии, сообщаемые соединениям ионов электрическим полем (относительно иона водорода)

Ион	Cl-	HCO_3-
Rb+	0,010	0,003
K+	0,016	0,009
Na+	0,048	0,041
Li+	0,088	0,081
Cs+	0,177	0,170
Ca++	0,340	0,333



Сопоставление воздействий электрического поля на главные ионные соединения внеклеточных растворов

Значения энергии, представленные в табл. 4 и на рисунке, указывают на существенное различие электрических характеристик веществ. При прочих равных условиях электрическое поле существенно слабее воздействует на ионы калия и рубидия по сравнению с воздействием на ионы натрия, лития, цезия и кальция.

Электрическое поле в биологических организмах формируется при движении водных растворов относительно тканей. Величина напряженности электрического поля

(E), возникающего при движении раствора со скоростью v, удельной диэлектрической проницаемости ε, удельного электрического сопротивления ρ через капилляр радиусом r_0, выражается известной [7] формулой:

$$E = \frac{2\varepsilon\rho v}{\pi r_0}\xi .$$

Электрический потенциал клеток больше потенциала окружающего пространства. Вектор напряженности, как силовая характеристика поля, направлен противоположно движению растворов и препятствует поступлению катионов в клеточное пространство из межклеточного. Препятствие поступлению калия и рубидия минимально по сравнению с остальными катионами. Существенно меньшая распространенность в природе рубидия, по сравнению с калием [3], объясняет преимущественность накопления в клетках соединений калия.

Таким образом, определяется физическая предпосылка перераспределения веществ между клетками и межклеточными пространством: воздействие электрического поля, образующегося при движении растворов относительно биологической ткани (в частности – мембраны клеток). Данная предпосылка может быть учтена только в случае разработки и применения принципиально новой физической модели мембранных процессов [6].

Список литературы

1. Барон Н.М., Пономарева А.М., Равдель А.А., Тимофеева З.Н. / Краткий справочник физико-химических величин. – Л.: Химия, 1983. – 232 с.

2. Биофизика / В.Ф. Антонов, А.М. Черныш, В.И. Пасечник, С.А. Вознесенский, Е.К. Козлова. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – 288 с.

3. Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г. Краткий справочник по геохимии. – М.: Недра, 1970. – 278 с.

4. Зверев В.П. Гидрогеохимия осадочного процесса. – М.: Наука, 1993. – 171 с.

5. Овчинников И.К. Теория поля. – М.: «Недра», 1979. – 352 с.

6. Романов А.М. Электрохимические процессы биосферы и литосферы. – Екатеринбург, УИПП, 2012 – 133 с.

7. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия. – Л.: Химия, 1969. – 608 с.

8. Шмидт Р.Ф., Тевс Г. Физиология человека. – М.; Мир, 2005. – 323 с.