

## Климатические системы: влияние воздуха на клеточные функции

Коммерческий директор Л.Л. Гошка\*,  
ООО «Кола»

Химические вещества определенного химического состава и концентрации, содержащиеся в воздухе помещения, могут приводить к различным эффектам, как в организме человека, так и на любой высокоразвитой поверхности в самом помещении.

Ранее мы уже отмечали [1] влияние на функционировании организма человека в режиме нормы различных химических соединений, поступающих в организм с водой, пищей и воздухом. Например, одним из эффектов, создаваемых этими химическими соединениями, является эффект раковых заболеваний. Рассмотрим принципиально возможную схему их появления.

С точки зрения физиологов (далее по тексту все, что касается вопросов физиологии, будет цитироваться с работы [2]), причиной раковых заболеваний является ряд агентов окружающей среды, называемых мутагенами. Они могут приводить к повреждению молекул ДНК, увеличивая скорость мутаций. Мутагенами могут быть, например, соединения, присутствующие в табачном дыме, радиация, некоторые микробы, а также некоторые синтетические соединения, присутствующие в пище, воде и воздухе.

Рак входит в число основных причин смерти на Земле. Например, около 25% всех смертей в США обусловлено раком [2]. Около 50% раковых заболеваний развивается в трех органах: легких (28%), кишечнике (13%) и груди (9%).

Таким образом, связь между внешней средой (табачный дым, радиация, некоторые микробы и синтетические соединения) и мутациями через повреждения молекул ДНК и, как следствие, развитием раковых опухолей в организме человека уже установлена.

Отсюда следует вывод, что профилактику раковых заболеваний можно отнести к задачам, которые могли бы решать проектировщики при климатизации зданий, т.к. эти мутагены могут поступать в организм человека, в том числе, с воздухом помещения.

В физиологии человека мутациям отводится особая роль, т.к. они вносят вклад в эволюцию организма. Хотя большинство мутаций не приводят к изменению или ухудшению клеточных функций, очень небольшое их количество может изменить активность белка таким образом, что он становится не менее, а более активным, или же они могут привести в клетку совершенно новый тип белковой активности. Если организм, несущий такой мутантный ген, способен выполнять некоторые функции более эффективно, чем тот, у которого нет мутантного гена, он имеет больше шансов для размножения и передачи этого гена своим потомкам. С другой стороны, если мутация происходит в организме, который функционирует менее эффективно, чем тот, у которого нет мутаций, вероятность того, что организм даст потомство и передаст потомкам мутантный ген, снижается. Это и есть принцип естественного отбора. Хотя любая единичная мутация, если она способна выжить в популяции, может вызвать лишь небольшие изменения в свойствах клетки, в течение длительного времени может накопиться большое количество небольших изменений, вследствие чего произойдут очень существенные изменения в структуре и функции организма.

Принимая во внимание тот факт [2], что на Земле живут миллиарды людей и что все гены, закодированные в ДНК, являются объектами мутаций, вполне вероятно, что любой данный ген в результате этих постоянно проходящих мутаций имеет несколько различающуюся последовательность у разных людей. Эти варианты одного и того же гена известны как аллели, а количество различных аллелей определенного гена в популяции называется генофондом.

Таким образом, климатизация зданий может иметь самое прямое отношение к генофонду. При условии обеспечения приемлемого качества воздуха в помещении, если конечный пользователь использует в пищу экологически чистые продукты питания и воду, процесс отбора будет происходить естественным путем. Если по тем или иным причинам, например, при отсутствии эффективных систем климатизации зданий или из-за ошибок проектировщика не будет обеспечено приемлемого качества воздуха в помещении, тогда высока вероятность, что процесс естественного отбора может пойти по искусственно определенному пути и не в лучшую сторону для конечного пользователя этих систем.

Подсчитано [2], что для развития примерно 90% всех раковых заболеваний требуется участие факторов среды, причем некоторые из них появляются в окружающей среде благодаря современному образу жизни.

**Следовательно, при высоком загрязнении окружающей среды обеспечение приемлемого качества воздуха в помещении, наряду с обеспечением человека экологически чистыми продуктами питания и водой, становится социально важной задачей.**

Человеческий организм характеризуется большим постоянством ряда физико-химических показателей внутренней среды [2]. Отсюда можно сделать очень важный вывод, что профилактику тех или иных

заболеваний можно обеспечить, если воздух помещения (внешняя среда) после обработки в климатических системах будет поддерживать на постоянном уровне физико-химические показатели внутренней среды организма человека. На наш взгляд, одной из самых важных социальных проблем на сегодняшний день является проблема установления связи между физико-химическими показателями внутренней среды организма человека и требованиями, предъявляемыми к воздуху помещения. Только после этого можно утверждать, что нормы и стандарты по обеспечению приемлемого качества воздуха в помещении будут соответствовать физиологическим нормам. Если для обеспечения приемлемого качества воздуха в помещении будут использовать эти нормы и стандарты, тогда можно будет считать, что организм конечного пользователя этих систем будет функционировать в зоне оптимума.

Нарушение же физико-химических показателей внутренней среды организма человека может приводить к различным отрицательным эффектам.

Таким образом, связь между факторами внешней среды и различными эффектами в организме человека существует, и искать ее необходимо в клетке. Для этого нужно рассмотреть основы строения человеческой клетки (рис. 1). Далее перечислим основные моменты физиологии человека [2], имеющие принципиальное значение для дальнейшего исследования.

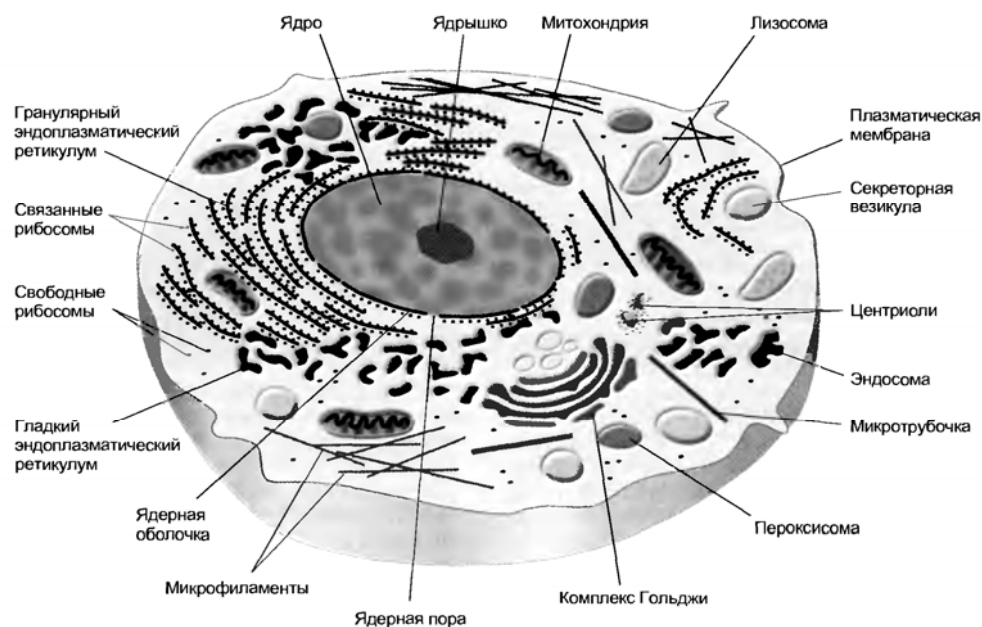


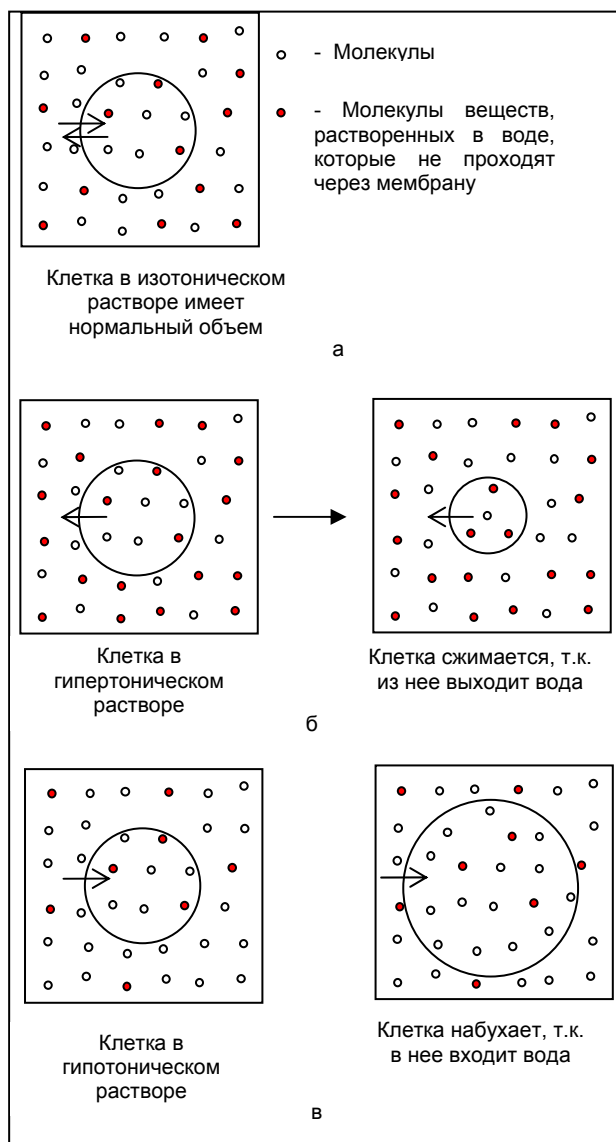
Рисунок 1. Структуры, типичные для человеческой клетки

1. Внешняя среда через пищу, воду и воздух влияет на химический состав и концентрации химических соединений во внеклеточной жидкости.
2. Химический состав и концентрации химических соединений во внеклеточной жидкости могут приводить к нарушению физико-химических показателей внутренней среды организма человека.
3. Клетки могут образовывать трехмерный каркас, во внеклеточной жидкости образуя двухфазную систему «мембрана – внеклеточная жидкость».
4. Перенос вещества между вне- и внутриклеточными жидкостями через полупроницаемую мембрану осуществляется благодаря диффузии, которая появляется при возникновении градиента концентраций.
5. Мембраны обладают свойством селективности. Главная функция мембран – формирование избирательного барьера, пропускающего одни молекулы и задерживающего другие. В результате плазматическая мембрана регулирует прохождение веществ наружу и внутрь клетки, а внутриклеточные мембраны (или мембраны, окружающие органеллы) обеспечивают их избирательное прохождение между органеллами<sup>1</sup> и цитозолем<sup>2</sup>.
6. Перенос воды осуществляется благодаря осмосу, величина которого зависит от химического состава и концентрации химических соединений в жидкости. Осмос – это движение молекул воды из одной области в другую через полунепроницаемую мембрану, обусловленное разностью осмотических давлений по обе стороны мембраны. В свою очередь, разность осмотических давлений создается разностью концентраций веществ, не проникающих через мембрану. Давление, которое развивается во второй области, начинает препятствовать дальнейшему движению молекул воды и называется осмотическим давлением.
7. Клетки благодаря своей эластичности могут как сжиматься, так и расширяться (рис. 2).
8. Содержимое внутри клетки напоминает гибридную среду (рис. 1), которая состоит из небольших желеобразных частиц, отделенных друг от друга относительно большими областями жидкой фазы. Такие среды еще называют коагелями [8].

<sup>1</sup> Органеллы – отсеки клетки (компарменты), разделенные мембранами

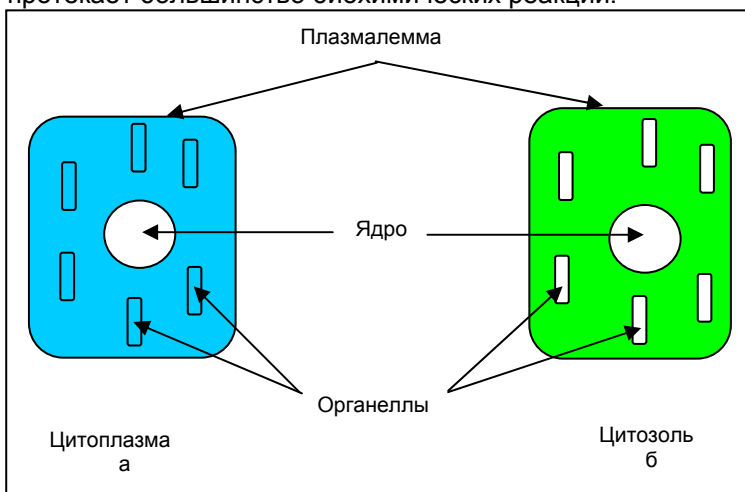
<sup>2</sup> Цитозоль- «клеточный раствор», жидкость, содержащаяся в цитоплазме

9. Содержимое внутри клетки ограничено мембраной, образуя двухфазную систему: мембрана – внутриклеточная жидкость. Кроме того, двухфазную систему образуют цитозоль с ядром и органеллами (рис. 3).



**Рисунок 2. Изменение объема клетки в изотоническом (а), гипертоническом (б) и гипотоническом (в) растворах**

10. Поверхность мембраны в основном состоит из липидов. Мембрана клетки (рис. 4) представляет собой липидный бислой, который пронизан интегральными белками и имеет поверхностно расположенные периферические белки. Фосфолипиды мембран – преимущественно фосфоглицериды, у которых одна из гидроксильных групп глицерина этерифицирована не жирной, а фосфорной кислотой. Структура мембран подвижна, для чего введено понятие «текучесть мембран». Эта текучесть связана с внутримолекулярной и межмолекулярной подвижностью фосфолипидов. Белки асимметрично расположены в липидном бислое. Они выполняют разнообразные функции и обладают вращательной и поступательной диффузией в бислое. Снаружи мембраны окружены клеточной оболочкой, в состав которой входят углеводные компоненты гликолипидов, гликопротеидов и кислые мукополисахариды. Клеточные мембраны и оболочки клеток играют важную роль в образовании межклеточных контактов, т.е. обеспечивают их адгезию. Поверхность мембран представляет собой то место в клетке, где протекает большинство биохимических реакций.



**Рисунок 3. Сравнение цитоплазмы и цитозоля. Цитоплазма (синий цвет) (а) – это все, что снаружи от ядра; цитозоль (зеленый цвет) (б) – жидкая часть цитоплазмы снаружи от органелл**

11. Функция мембран заключается в координации и регуляции физиологических процессов в клетках.

**Таблица 1 Функции клеточных мембран**

1. Регуляция обмена веществ между клеткой и окружающей средой, а также между органеллами и цитозолем.
2. Распознавание химических посредников, достигающих поверхности клетки.
3. Соединение между собой клеток посредством межклеточных контактов.
4. Прикрепление клетки к внеклеточному матриксу.

Рассмотрим механизм проникновения различных веществ в клетку.

При всем многообразии строения и физико-химических свойств молекул проникающих веществ можно выделить два таких механизма: посредством простой диффузии, т.е. без помощи специфического переносчика, и при помощи специфических переносчиков. В первом случае выделяют диффузию соединений непосредственно через липидный бислой мембраны, ионов через ионные каналы и молекул воды через специальные каналы, созданные белками аквапоринами, или осмос. Во втором случае выделяют так называемую облегченную диффузию, первично активный транспорт и, наконец, вторично активный транспорт.

Рассмотрим простую диффузию.

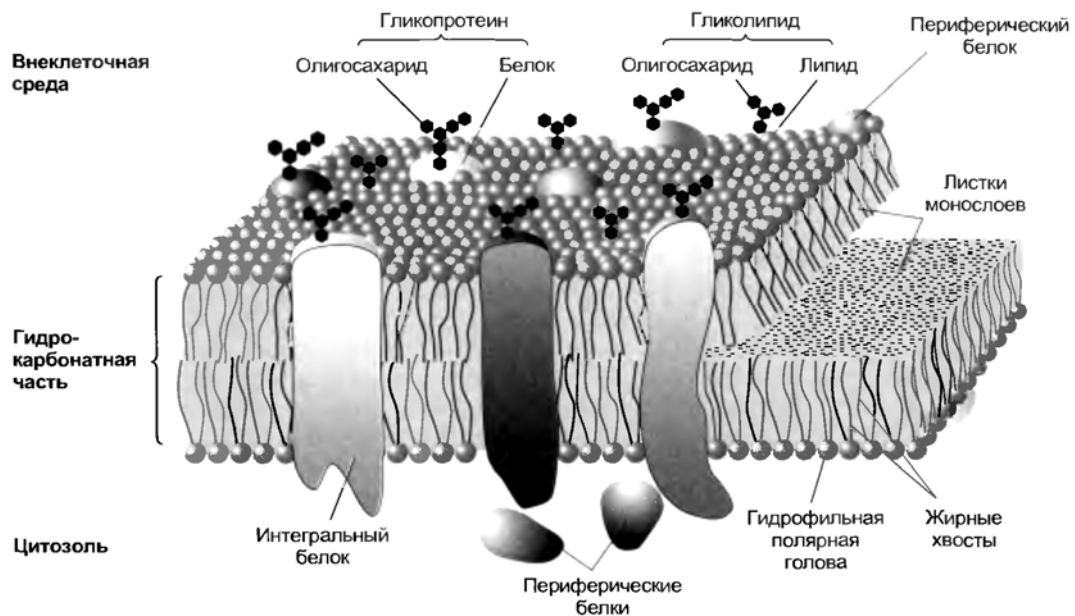


Рисунок 4. Схематическое изображение структуры цитоплазматической мембраны

Принимая во внимание, что объем внеклеточной жидкости большой, концентрация какого-либо вещества в нем остается, по существу, постоянной, поскольку оно диффундирует в очень маленький (по сравнению с внеклеточным) внутриклеточный объем (рис. 5). Как и во всех случаях диффузии, этот поток вещества через мембрану идет от области более высокой концентрации (в этом случае внеклеточная жидкость) к области более низкой (внутриклеточная жидкость).

В упрощенном виде система «клетка – внеклеточная жидкость» – это сосуд, разделенный на две камеры искусственной селективной мембраной – пористой перегородкой, например, стеклянным или керамическим фильтром (рис. 6). Скорость диффузии будет зависеть от разности концентраций вещества в камерах, коэффициента диффузии и размеров пор в перегородке.

Таким образом, система «внеклеточная жидкость – мембрана» хорошо напоминает нашу систему «раствор над гелем – гель», и механизм перемещения вещества через мембрану, как и в гелях, – диффузия. Только мембрана имеет маленькую толщину, и систем две: «внеклеточная жидкость – мембрана» и «внутриклеточная жидкость – мембрана».

Посредством простой диффузии без помощи специального переносчика, во-первых, осуществляется транспорт соединений непосредственно через липидный бислой.

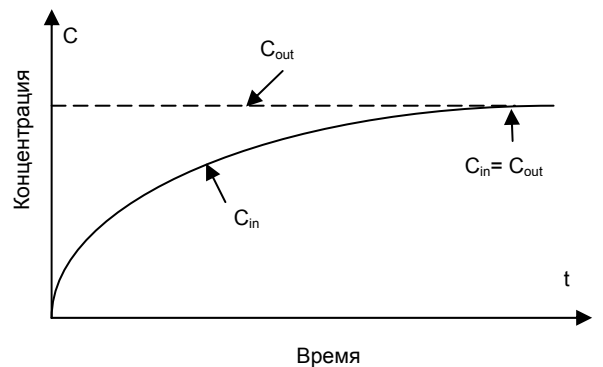


Рисунок 5. Увеличение внутриклеточной концентрации диффундируемого вещества ( $C_{in}$ ) при неизменной внеклеточной концентрации ( $C_{out}$ ) вплоть до диффузного равновесия ( $C_{in} = C_{out}$ )

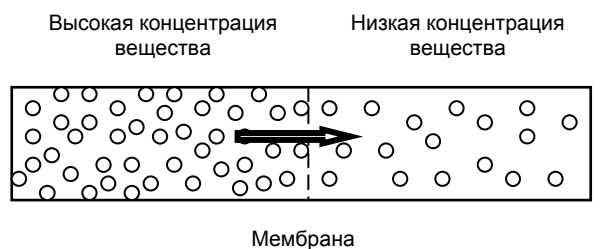


Рисунок 6. Диффузия в сосуде, разделенном пористой перегородкой



В этом случае проникновение веществ в клетку идет путем их растворения в липидах клеточной мембраны. Поэтому этот способ присущ водорастворимым органическим соединениям и газам (например, кислороду и углекислому газу). Во-вторых, вещества перемещаются через ионные каналы клеточной мембраны, соединяющие цитоплазму клеток с внешней средой. Клетки используют этот путь для транспорта преимущественно ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ . Это пассивный ионный транспорт, который определяется градиентами концентраций и электрического поля (электрохимическим градиентом). В-третьих, это движение молекул воды через мембрану, осмос, выделенное в отдельный тип из-за его значимости для клеток организма.

Перемещение веществ без помощи специфического переносчика – их пассивный транспорт, подразумевает диффузию, т.е. процесс самопроизвольного выравнивания концентраций частиц или макромолекул в среде. Если концентрация в различных частях системы неодинаковая, то возникает поток вещества из области высокой концентрации в область низкой. Поток вещества (масса, или количество, вещества, проходящего за единицу времени через поверхность площадью  $1 \text{ см}^2$ , расположенной перпендикулярно направлению потока) прямо пропорционален градиенту концентраций этого вещества в данной системе. Градиент концентраций – это разность концентраций вещества, приходящаяся на единицу длины. Под скоростью диффузии понимают количество вещества, диффундирующего за единицу времени через единицу площади. Диффузия веществ, растворимых в липидах, может осуществляться непосредственно через липидный бислой. Ионы диффундируют только через ионные каналы. Диффузия молекул воды – это частный случай диффузии, называемый осмосом. Она осуществляется через специфические каналы, сформированные белками аквапоринами.

Таким образом, диффузия ионов через мембрану идет только через каналы, которые она содержит.

Один из принципов классификации ионных каналов основан на принципе управления работой канала, т.е. механизме, на основе которого он может быть закрытым или открытым. Выделяют две группы ионных каналов – потенциалуправляемые и рецептоуправляемые. К последней относятся две подгруппы: лигандуправляемые и механоправляемые.

Следует особо отметить, что физиологи не исключают [2], что нерегулируемый рост, характерный для раковых клеток, связан с поломкой механопередающей системы. Поэтому более подробно рассмотрим именно механоправляемые ионные каналы.

Механоправляемые, или механосенситивные, ионные каналы (МСК) раскрываются или закрываются в результате изменения натяжения мембраны, переданного через цитоскелет<sup>3</sup>, вследствие механического воздействия на клетку.

Таким образом, механоправляемый ионный канал – это канал, у которого изменение проводимости является ответом на механическую деформацию мембраны.

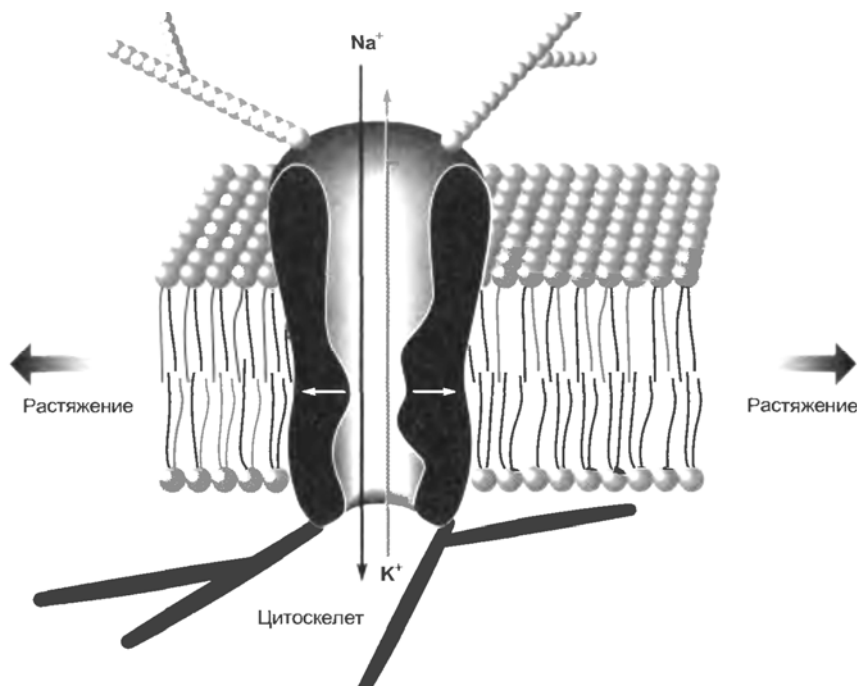


Рисунок 7. Модель МСК в окружении мембраны клетки

В настоящее время постулируется, что МСК – это ионный канал, который «узнает» механическую деформацию и воспринимает ее как полноценный физиологический сигнал. Модель МСК представлена на рис. 7.

Определение канала как механосенситивного – эмпирическое и означает изменение вероятности открытия канала в ответ на механическую деформацию мембраны. Механочувствительность определяется каналами, активирующимися при растяжении клетки – stretch-activated channels (SAC) или инактивирующимися при растяжении клетки – stretch-inactivated channels (SIC).

Механосенситивные каналы отвечают на механический стресс мембраны изменением вероятности открытия канала.

<sup>3</sup> Цитоскелет – содержащаяся в цитоплазме густая сеть белковых нитей (филамент)  
Гошка Л.Л. Климатические системы: влияние воздуха на клеточные функции

Они существуют в слуховых клетках, механорецепторах, мышечных веретенах, сосудистой эндотелии и нейросенсорной ткани, где их физиологическая функция достаточно понятна. Однако менее понятно, почему электронеовозбудимые клетки, такие как клетки крови и эпителиальные клетки, нуждаются в каналах, которые отвечают на механические стимулы. По-видимому, это связано с тем, что все клетки должны сталкиваться с проблемой регуляции объема и электролитного гомеостаза. Регуляция клеточного роста также требует специфической механопередающей системы, которая определяет физические изменения клеточных размеров и формы.

Учитывая то, что на сегодняшний день практически во всех органах человека обнаружены патогенные биоминералы [6], и то, что клетки при адгезии образуют трехмерную вязь во внеклеточной жидкости, тем самым образуя двухфазную систему: «клетка – внеклеточная жидкость», интересно рассмотреть физико-химические процессы с позиций метода кристаллизации в гелях. Очевидно, что при плотной упаковке клеток пространство между ними будет заполнено внеклеточной жидкостью, и это пространство между мембранами клеток можно назвать порами. Таким образом, все те закономерности, которые мы рассматривали ранее в гелях [1, 3, 5], так или иначе должны проявляться и в данной системе.

В гелях в начальный момент времени первопричиной физико-химических процессов является градиент концентраций на границе раздела сред «гель – раствор», который приводит к двухсторонней диффузии. Диффузия приводит к изменению концентраций в порах геля, а это в свою очередь приводит к адсорбции. Перераспределение концентрации в объеме и на границе раздела фаз приводит к изменению поверхностного натяжения.

Учитывая, что адсорбция тесно связана с поверхностной энергией системы, по всей видимости, по этой причине изменение поверхностного натяжения приводит к возникновению мощных внутренних напряжений в геле. Превращения поверхностной энергии в механическую энергию мы рассматривали ранее [3].

Попытаемся применить эту модель к клеткам.

Один из вопросов, который интересует физиологов: «Какой механизм заставляет открываться и закрываться МСК?» Рассмотрим этот же вопрос с позиций метода кристаллизации в гелях.

В физиологии связывают работу этих каналов с растяжением мембраны клетки, а как отмечалось выше, расширение и сжатие клетки происходит за счет осмотического давления. В упрощенном виде эту модель можно представить как воздушный шарик, который имеет каналы, которые при надувании этого шарика открываются, и если этот шарик сдувается, они закрываются.

Учтем, что большинство клеток не перемещается по телу, а соединено в более или менее плотные комплексы (рис. 8). Таким образом, мы получили пористую систему, характеризующейся большой удельной поверхностью ( $S_{уд.}$ ):

$$S_{уд.} = S/m,$$

где  $S$  – площадь межфазной поверхности между дисперсионной средой (внеклеточной жидкостью) и дисперсионной фазой (мембранами клеток);

$m$  – масса дисперсной фазы.

Следовательно, тогда внеклеточная жидкость будет находиться в порах, которые образуют мембраны соприкасающихся между собой клеток. Размеры этих пор будут соизмеримы с размерами самих клеток. Очевидно, что концентрация  $i$ -го химического элемента во внеклеточной жидкости будет определяться как средняя концентрация  $i$ -го элемента по всем порам:

$$\sum C_{i\kappa}/n, \quad \kappa = 1 \dots n,$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го элемента в поре;

$n$  – количество пор в системе.

Из этого условия вытекает, что концентрация  $i$ -го элемента в различных порах может отличаться, поэтому между этими порами должен возникать градиент концентраций, который будет приводить к встречной диффузии между ними, а диффузия, в свою очередь, будет приводить к адсорбции в поре. Адсорбция представляет собой процесс самопроизвольного перераспределения компонентов системы между поверхностным слоем и объемной фазой. Если выразить адсорбцию [7] через поверхностную концентрацию  $C_s$  и толщину адсорбционного слоя  $\delta$ , то уравнение Гиббса для двухкомпонентной системы можно записать в виде:

$$d\sigma/dC = RT\delta \cdot (C_s - C)/C.$$

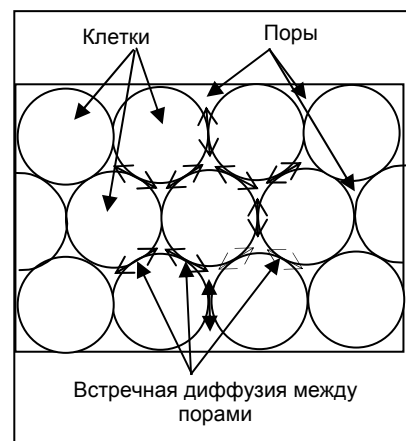


Рисунок 8. Комплекс, образованный клетками

где  $C_s$  – поверхностная концентрация компонента;  
 $C$  – объемная концентрация компонента;  
 $\sigma$  – поверхностное натяжение;  
 $\delta$  – толщина поверхности разрыва.

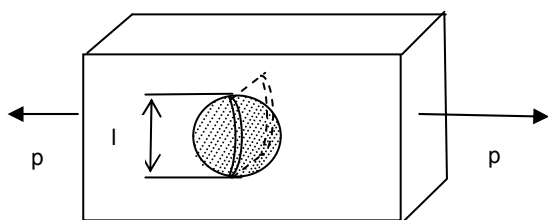
Экспериментальные исследования влияния различных веществ на поверхностное натяжение растворов показали [7], что в зависимости от природы растворенного вещества и растворителя возможно как падение, так и повышение поверхностного натяжения с концентрацией растворов. Так, для границы «вода – воздух» и «вода – углеводород» поверхностно-активными являются органические соединения, в молекулах которых имеются углеводородная (неполярная) часть и полярная группа (–ОН, –СООН, –NH<sub>2</sub> и др.). Такое асимметричное (дифильное) строение молекул поверхностно-активных веществ ( $d\sigma/dC < 0$ ) приводит к тому, что они оказываются родственными обеим контактирующим фазам: хорошо гидратирующаяся полярная группа обуславливает родственность молекул ПВА по отношению к воде, а углеводородная цепь – к неполярной фазе.

Было установлено [2], что поверхностное натяжение мембран крупных клеток и монослоя липидов на поверхности раздела «липид – вода» сильно отличаются. Было предположено, что низкое поверхностное натяжение клеточной мембраны обусловлено наличием белковых структур, входящих в ее состав или покрывающих мембрану. Дальнейшие исследования показали, что добавление к липидам небольшого количества белка резко снижает поверхностное натяжение.

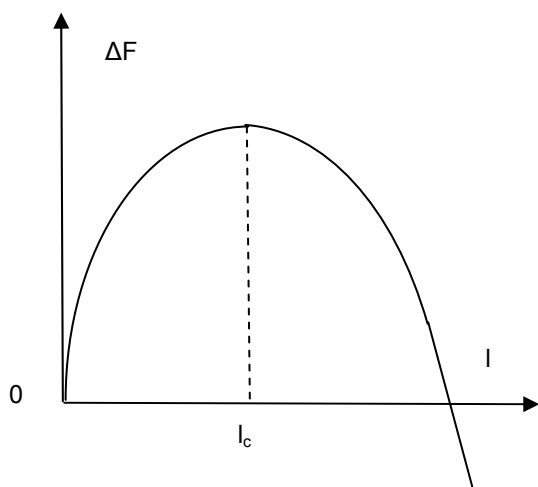
Поэтому представляет интерес рассмотреть дальнейшие процессы не с позиций физиологии, а с позиций коллоидной химии.

Будем считать величину межфазной поверхностной энергии основным параметром [7], характеризующим взаимодействие тела и среды и определяемым их химическим составом. Следующее упрощенное рассмотрение позволяет получить связь прочности и поверхностной энергии для тела, имеющего дефект в виде микротрещины.

В нашем случае телом можно считать плотный комплекс из клеток, а дефектом структуры – поры, которые образуют эти же клетки.



**Рисунок 9. Пластина единичной толщины со сквозной трещиной (надрезом) к которой приложено растягивающее напряжение**



**Рисунок 10. Зависимость величины свободной энергии от размера трещины**

Для простоты рассмотрим твердое тело – пластину единичной толщины (рис. 9), к которой приложено растягивающее напряжение  $p$  (в Н/м<sup>2</sup>). На наш взгляд, в коллоидной химии на данном примере наиболее просто и понятно объяснены процессы [7], которые происходят в двухфазной системе. В соответствии с законом Гука, упругая деформация тела приводит к накоплению в нем упругой энергии с плотностью, равной

$$W_{\text{упр}} = p^2/2E,$$

где  $E$  – модуль Юнга.

Пусть в теле возникает сквозная трещина (надрез) длиной  $l$ ; при этом в части объема тела происходит спадание упругой деформации и, соответственно, уменьшение плотности упругой энергии  $W_{\text{упр}}$ . Можно приближенно считать, что подобная релаксация напряжений происходит в области с размером порядка  $l$  (рис. 10), т.е. уменьшение запасенной в теле упругой энергии пропорционально квадрату размера трещины:

$$\Delta F_{\text{упр}} \sim -p^2 l^2/2E,$$

Вместе с тем, раскрытие трещины сопровождается увеличением поверхностной энергии вследствие образования новой поверхности раздела фаз с площадью, пропорциональной удвоенной длине трещины. Таким образом, зависимость свободной энергии системы от размера трещины имеет вид

$$\Delta F \sim 2\sigma l - p^2 l^2/2E,$$

т.е. при образовании зародышей новой фазы, величина свободной энергии  $\Delta F$  проходит через максимум (рис. 10);

этому максимуму свободной энергии отвечает критический размер трещины, равный

$$l_c \sim \sigma E / p^2.$$

Трещины с размером, большим критического  $l_c$ , неустойчивы и самопроизвольно увеличивают свои размеры, что приводит к образованию макроскопических трещин и разрушению тела. Трещины с размером меньше критического должны стремиться уменьшить свои размеры («залечиваться»).

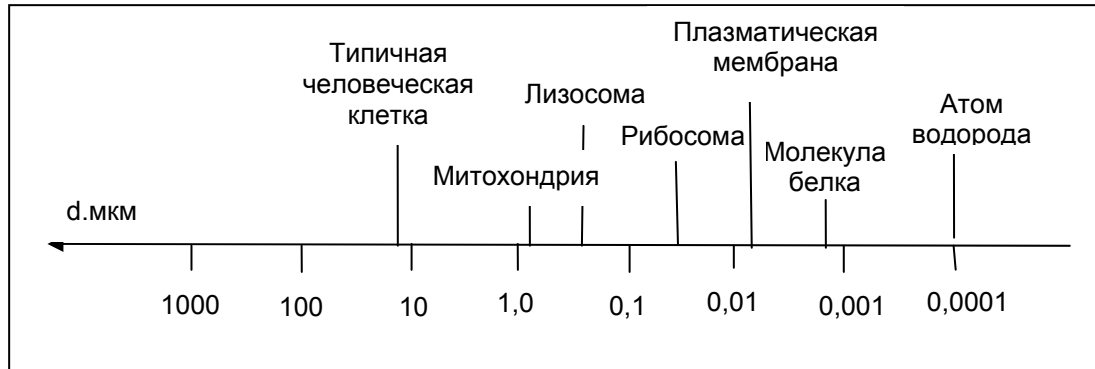


Рисунок 11. Типичные размеры клеточных структур (шкала логарифмическая)

Хотя гель на основе метасиликата натрия мало напоминает твердое тело, а больше похож на студень. Но, по всей видимости, при исследовании методом голографической интерферометрии процесса диффузии  $CaCl_2$  в гель [3], на интерферограммах фиксируются мощные локальные напряжения, релаксация которых приводит к тому, что поры, размеры которых больше критического размера, образуют микротрещины (или полости). Мы за счет веса раствора над гелем обеспечиваем сжатие геля. Следует отметить, что величина сжатия геля происходит незначительная, т.к. при наливании раствора на поверхность геля граница раздела «гель – раствор» не смещается ко дну пробирки. А возникновение существенных напряжений начинается во время встречной диффузии, т.е. при замещении винной кислоты в порах раствором  $CaCl_2$ , т.е. при изменении поверхностного натяжения в порах геля. Следовательно, тогда можно предположить, что в плотных комплексах, состоящих из клеток, должна проявляться та же закономерность.

В плотных комплексах, состоящих из клеток, мы имеем:

1. Размер поры, образованной мембранами клеток. Этот размер поры соизмерим с размером клетки (рис. 11).
2. Давление на пору, которое может быть вызвано осмотическим давлением, весом человека, физическими нагрузками на организм и т.д.
3. Метаболизм клеток, который влияет на концентрацию химических элементов в поре и, следовательно, на адсорбцию в поре. Перераспределение концентрации в объеме и на границе раздела фаз может приводить к изменению поверхностного натяжения.

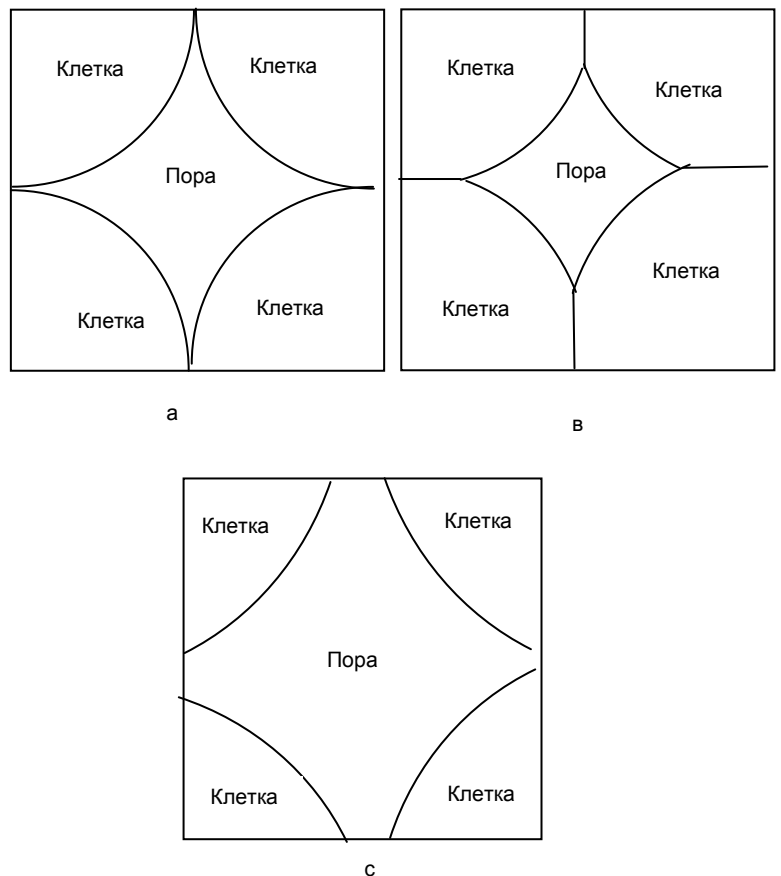


Рисунок 12. Изменение размера поры в зависимости от критического размера  $l_c$ :

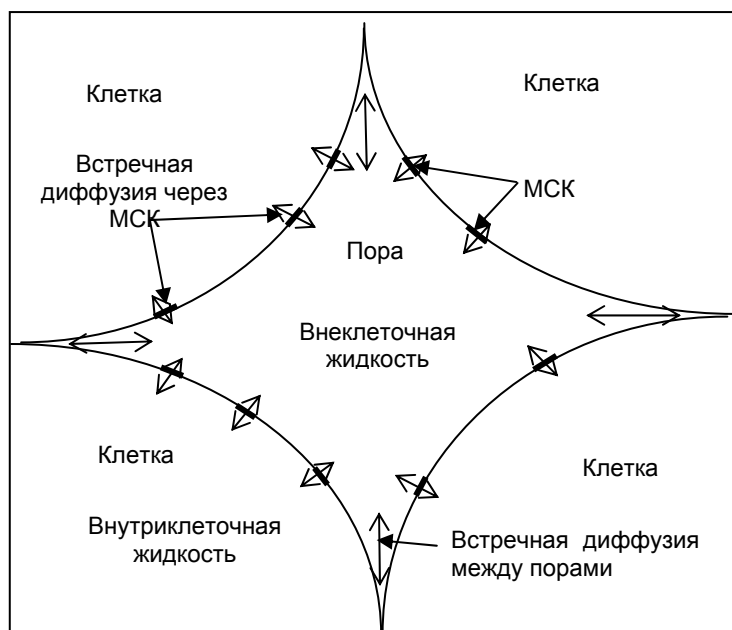
- а) Размер поры  $l$ .
- в) Уменьшение размера поры при  $l < l_c \sim \sigma E / p^2$ .
- с) Увеличение размера поры при  $l > l_c \sim \sigma E / p^2$ .



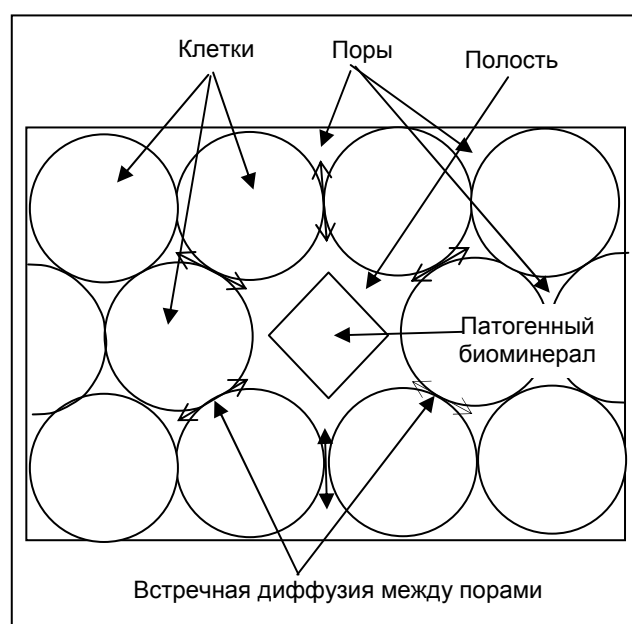
4. Диффузия между порами во внеклеточной жидкости. В тоже время внеклеточная жидкость связана с внешней средой транспортом химических элементов через кровоток. Поэтому диффузия между порами может также приводить к изменению поверхностного натяжения в поре.

Поэтому нельзя исключать возникновения мощных внутренних напряжений в поре, которые могут сниматься (в отличие от каркаса геля) за счет изменения размера и поверхности поры, т.е. за счет мембран клеток (рис. 12). По всей видимости, этот механизм заставляет клетку расширяться и сжиматься, т.к. жидкость является практически несжимаемой, благодаря осмосу клетка свободно может как сжиматься, так и растягиваться в объеме жидкости.

Если бы не было осмоса, то мембрана при изменении поверхностного натяжения была бы порвана и клетка погибла точно так же, как происходит с каркасом геля, который не обладает свойствами сжиматься и растягиваться. Поэтому можно предположить, что процесс расширения или сжатия клетки – это защитная реакция клетки на физическое воздействие. Кроме этого можно предположить, что сжатие и растяжение клеток происходит не столько за счет осмоса, а как реакция поры на изменение поверхностного натяжения.



**Рисунок 13. Схематическое изображение поры, образованной мембранами клеток**



**Рисунок 14. Схематическое изображение органоминерального агрегата (ОМА)**

В поре (рис. 13), кроме градиента концентраций между порами, возникает градиент концентраций между вне- и внутриклеточной жидкостями. И это уже совершенно другая система. Если рассматривать поверхность мембраны как монослой липидов (рис. 7), тогда учитывая, что размеры липидов и механоуправляемых ионных каналов (МСК) на границе раздела «липиды – внеклеточная жидкость» различаются, мы можем считать МСК дефектом структуры или сквозной трещиной.

Тогда, по всей видимости, вышеизложенный механизм и приводит к открытию и закрытию МСК. Поэтому можно также предположить, что изменение поверхностного натяжения и осмос приводят к самопроизвольному открытию или закрытию механоуправляемых ионных каналов. Поэтому открытие и закрытие МСК не обязательно должно быть связано с растяжением клетки. И этим процессом можно объяснить то, что электронеовозбудимые клетки, такие как клетки крови и эпителиальные клетки, нуждаются в каналах МСК, которые отвечают на механические стимулы. Также можно предположить, что обмен веществ в момент открытия МСК между вне- и внутриклеточной жидкостью связан с защитной функцией клетки (понижение градиента концентраций), а не с обменом веществ, который необходим клетке для жизнедеятельности.

Когда изменение объема клетки при перемещении веществ через открытые каналы МСК не приводит к изменению концентрации во внутриклеточной жидкости, достаточной для уравнивания поверхностной энергии и энергии упругих деформаций, тогда канал МСК может быть поврежден (разрыв канала по толщине мембраны) с потерей функции селективности. С потерей селективного отбора будет увеличена скорость падения градиента концентраций за счет увеличения скорости диффузии через мембрану. По всей видимости, механизм уменьшения градиента концентраций за счет разрыва канала может являться вторым уровнем защиты жизнедеятельности клетки. При достижении равновесия и в соответствии с обратимостью эффекта Ребиндера канал может самопроизвольно восстановиться и функционировать в нормальном режиме.

Если в момент повреждения канала во внеклеточной жидкости присутствовали канцерогены (например, ионы плутония), то часть этих ионов в момент разрыва канала могут беспрепятственно попасть в клетку. Тогда

трудно представить, как и с чем будут взаимодействовать ионы плутония при выполнении условия пересыщения

$$[Pu^{4+}][OH]^{4-} > PP$$

с произведением растворимости  $PP=1 \cdot 10^{-52}$  [9] и когда для образования кристаллической решетки не будет хватать кристаллообразующих компонентов [4]. Приведет ли такое взаимодействие к мутациям или нет? По всей видимости, приведет. Поэтому предположение физиологов [2], что нерегулируемый рост, характерный для раковых клеток, связан с поломкой механопередающей системы, имеет под собой все основания.

Изменение поверхностного натяжения может быть столь велико, что защитных функций клетки будет недостаточно, чтобы привести систему к равновесию. В этом случае повышается риск, что мембрана одной или нескольких клеток в плотных комплексах, состоящих из клеток, будут самопроизвольно порваны с образованием полости (рис. 14). И как след реакции организма на факторы внешней среды в полости при выполнении условий:

пересыщения

$$[Me^{+}] \cdot [A^{-}] > PP$$

и эквивалентности [1]

$$\left| \frac{pMe - pA}{pMe + pA} \right| \leq \gamma$$

может зародиться патогенный биоминерал. Таким образом, мы в организме человека получили органоминеральный агрегат (ОМА).

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что одна из основных задач проектировщика климатических систем заключается в обеспечении функционирования организма конечного пользователя этих систем в режиме нормы.

Поэтому некомпетентные действия, как проектировщика, так и представителя заказчика при принятии окончательного решения о создании климатических систем может увеличивать риск возникновения раковых заболеваний, образования органоминеральных агрегатов и вплоть до увеличения количества мутаций среди конечных пользователей этих систем. Следовательно, учитывая, что коллективная ответственность всегда приводит к полной безответственности, персональная ответственность за создание и внедрение эффективных систем климатизации зданий будет ложиться персонально на проектировщика. И если предположить, что мы уже сегодня живем в условиях серьезного экологического кризиса, тогда создание и внедрение эффективных систем климатизации зданий становится жизненно необходимым условием для нормальной деятельности человека.

## Литература

1. Гошка Л.Л. Климатические системы: моделирование процессов влияния воздуха на организм человека // Инженерно-строительный журнал, №5/2009. СПб, 2009.
2. Фундаментальная и клиническая физиология: Учебник для студ. высш. учеб. Заведений / Под ред. А.Г. Камкина и А.А. Каменского. М., 2004.
3. Гошка Л.Л. Разрушение строительных материалов с точки зрения метода кристаллизации в гелях // Инженерно-строительный журнал, №3/2009. СПб, 2009.
4. Гошка Л.Л. Климатические системы и образование патогенных биоминералов в организме человека // Инженерно-строительный журнал, №2/2009. СПб, 2009.
5. Гошка Л.Л. Математическое моделирование и экспериментальные данные по росту кристаллов в двухфазной системе // Инженерно-строительный журнал, №4/2009. СПб, 2009.
6. Гошка Л.Л. Климатические системы: влияние воздуха на организм человека // Инженерно-строительный журнал, №1/2009. СПб, 2009.
7. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М., 1982.
8. Гениш Г. Выращивание кристаллов в гелях. М., 1973.
9. Ефимов А.И. и др. Свойства неорганических соединений. Справочник. Л., 1983.

\*Леонид Леонидович Гошка, г. Сыктывкар

Тел. раб.: +7 (8212) 29-10-24, факс: +7 (8212) 24-44-10; эл. почта: tookola@mail.ru