

Климатические системы: влияние воздуха на организм человека

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

Гигиена окружающей среды [1] – это наука, которая изучает прямое воздействие на здоровье людей патогенных химических, радиационных, физических и некоторых биологических агентов, а также (часто косвенные) эффекты от состояния физической, психологической, социальной и эстетической среды. Проектировщик, создавая климатические системы, через различное оборудование меняет микроклиматические параметры и химический состав воздуха в помещении, т.е. на практике реализует воздействие на биохимические процессы в организме человека, и делает это так, как считает нужным. От того, какой воздух он подготовит, будет зависеть реакция организма на это воздействие (рис. 1). Если проектировщик при расчете климатических систем допустил ошибку, то организм конечного пользователя этих систем будет за счет внутренних резервов компенсировать его ошибки. Но эти резервы не безграничны, а значит, неправильная работа проектировщика может повышать количество «недожитых лет» жизни [2] этого человека. Для ограничения действий проектировщика существует определенная нормативная база, которая, теоретически, должна предотвращать такие ошибки.

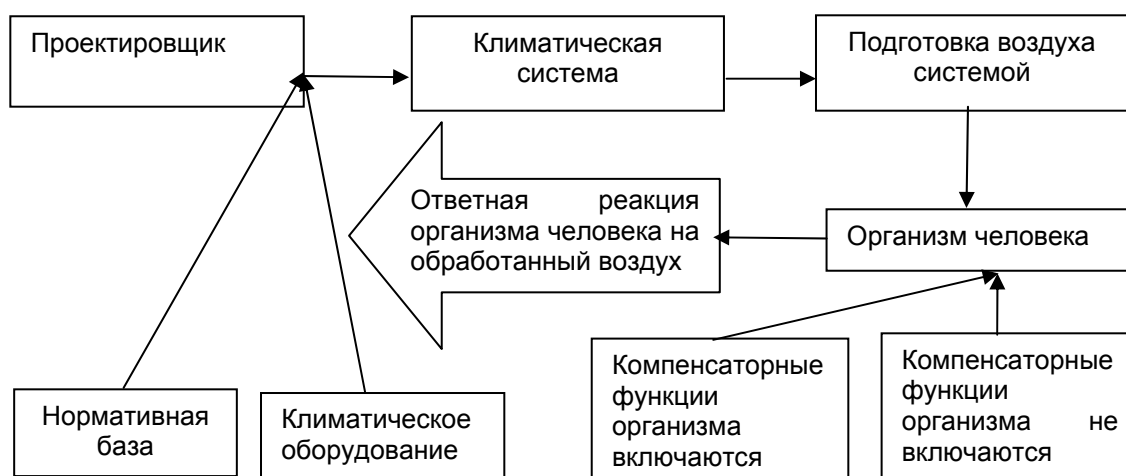


Рисунок 1. Схема деятельности проектировщика и влияние результатов этой деятельности на организм конечного пользователя климатической системы

Если рассматривать эту проблему с позиции биогеохимической теории [3], то причиной возникновения многих заболеваний костно-суставной системы человека является дисбаланс экзогенно (извне) поступающих в организм макро- и микроэлементов. Считается [4], что характерным признаком жизненной необходимости в элементе является колокообразный характер кривой (рис. 3), построенной в координатах «ответная реакция организма – доза элемента».

В общих принципах адаптации организма в биоэкологии [5] для различных факторов внешней среды, таких как температура, вода и минеральные соли, химический состав воздуха и газообмен, свет и т.д., используется правило оптимума. Количественное выражение (доза, интенсивность воздействия) фактора, соответствующее потребностям организма и обеспечивающее наиболее благоприятные условия для его жизни, рассматривают как оптимальное. На шкале количественных изменений фактора диапазон колебаний, соответствующий указанным условиям, составляет зону оптимума (рис. 2). Зоны количественного выражения фактора, отклоняющегося от оптимума, но не нарушающего жизнедеятельность организма, определяются как зоны нормы. Дальнейший сдвиг в сторону недостатка или избытка фактора неизбежно снижает эффективность действия адаптивных механизмов. Это состояние соответствует зоне пессимума. Наконец, за пределами этих зон жизнь невозможна.

Ту же зависимость мы видим при воздействии биогенных элементов на организм человека. При недостаточном поступлении какого-либо элемента в организм человека наносится существенный ущерб его росту и развитию. Это объясняется снижением активности ферментов, в состав которых входит данный элемент. При повышении дозы поступления этого элемента ответная реакция организма возрастает, достигает нормы ($[Sr^{2+}]$ в зоне оптимума, где $C_{бзк}^H$ – нижняя граница зоны, а $C_{бзк}^B$ – верхняя граница зоны). Данная концентрация биогенного элемента, при которой организм функционирует в норме, называется биологически значимой концентрацией (БЗК). Дальнейшее увеличение дозы приводит к ухудшению функционирования организма ($C_{бзк}^B < [Sr^{2+}] < C_{допуст}^B$) вследствие токсического действия избытка этого элемента вплоть до летального исхода ($C_{допуст}^B < [Sr^{2+}]$). Характерным примером данного процесса является реакция

организма человека на увеличение концентрации углекислого газа в крови человека: алкалоз (избыток щелочей в организме)→норма→ацидоз (избыток кислот и снижение pH в организме)→летальный исход.

Следовательно, как избыток элемента, так и его дефицит может наносить вред организму. Поэтому все живые организмы так или иначе, но реагируют как на недостаток, так и на избыток или неблагоприятное соотношение элементов.

Например, при среднесуточном потреблении стронция с пищей, водой и воздухом свыше 2 мг (сравните с ПДК) у человека повышается риск развития заболеваний костно-суставной системы.

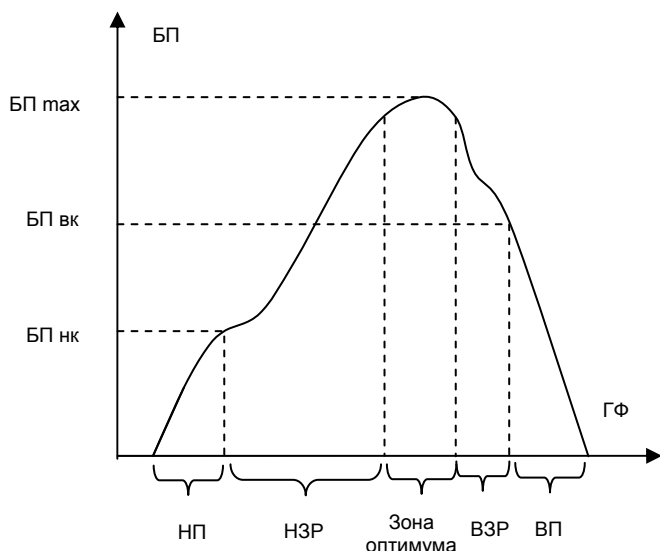


Рисунок 2. Область экологической потенции вида в градиенте фактора среды. Зависимость значения биотического потенциала вида (БП) (численность, размножаемость, расселение и т.п.) от градиента значений фактора среды (ГФ), например, температуры.

Нижний пессимум (НП) – зона нарушения жизнедеятельности низким значением фактора;

НК – нижняя критическая точка;

НЗР и ВЗР – соответственно нижняя и верхняя зоны регуляции, в пределах которых, несмотря на отклонение фактора от оптимальных значений, за счёт механизма экологической регуляции поддерживается нормальная жизнеспособность вида;

ВК – верхняя критическая точка;

Верхний пессимум (ВП) – зона нарушения жизнедеятельности высоким значением фактора.

Предположим, что в герметичном помещении выделяется только одно химическое соединение (например, $Sr(NO_3)_2$). Кроме как с воздухом, это соединение может поступать в организм человека с пищей и водой. Схематично данный процесс можно изобразить следующим образом – см. рис. 4.

При поступлении в организм человека с воздухом, пищей и водой нитрат стронция ($Sr(NO_3)_2$) растворяется, а при диссоциации стронций может образовывать фосфаты, карбонаты, гидроксиды и другие соединения. Поэтому нитрат стронция является исходным реагентом биогенного элемента стронция (Sr^{2+}) в организме человека. Следовательно, концентрация биогенного элемента в организме человека будет зависеть от концентрации исходного реагента, т.е. нитрата стронция, в воздухе, пище и воде. Отсюда:

$$[Sr^{2+}] \sim f(C_{\text{помещ}}) \quad (1)$$

где $C_{\text{помещ}}$ – концентрация нитрата стронция в воздухе помещения;

$[Sr^{2+}]$ – концентрация ионов стронция в организме человека.

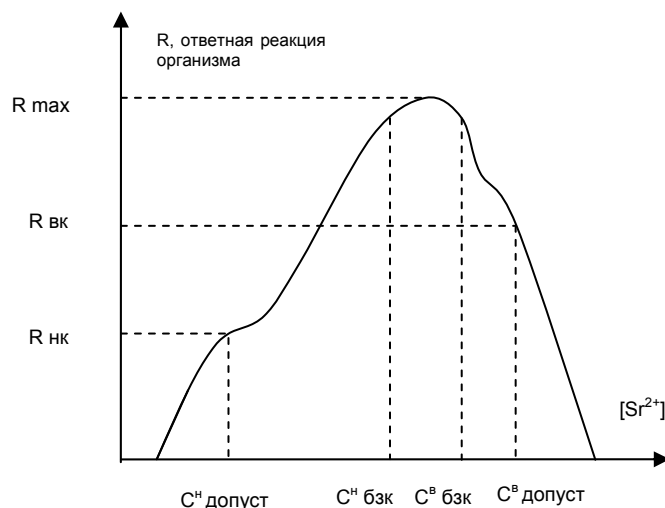


Рисунок 3. Зависимость реакции организма от дозы биогенного элемента поступившего в организм.

$C^В_{\text{допуст}}$ – верхняя критическая точка концентрации стронция.

$C^В_{\text{бзк}}$ – верхняя граница зоны биологически значимой концентрации стронция.

$C^H_{\text{бзк}}$ – нижняя граница зоны биологически значимой концентрации стронция.

$C^H_{\text{допуст}}$ – нижняя критическая точка концентрации стронция.

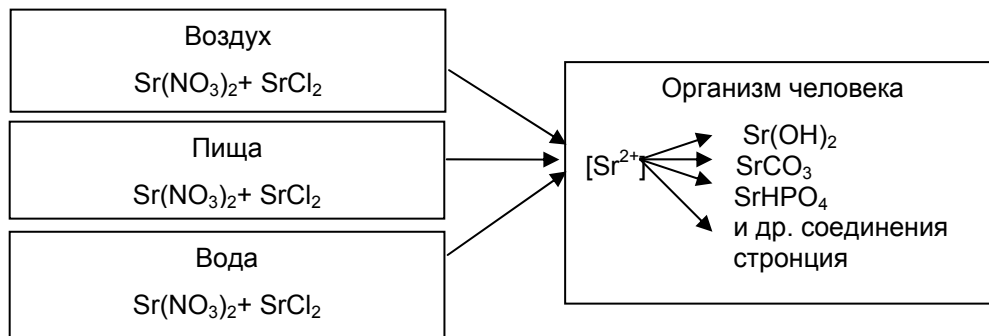


Рисунок 4. Поступление в организм человека химических соединений (на примере Sr(NO₃)₂) с воздухом, пищей и водой

В свою очередь, концентрация нитрата стронция в воздухе помещения может определяться расходом наружного воздуха (L, м³/час):

$$C_{\text{помещ}} \sim f(L) \quad (2)$$

Учитывая, что эта зависимость определяется двумя процессами: скоростью выделения нитрата стронция в воздух помещения и разбавлением этого соединения за счет расхода наружного воздуха, – проектировщику необходимо обеспечивать такой расход наружного воздуха (рис. 5), чтобы при поддержании в помещении концентрации нитрата стронция на уровне

$$C'_{\text{помещ}} \sim f(L_{\text{опт}}) \quad (3)$$

обеспечивалось поддержание концентрации ионов стронция в организме

$$[Sr^{2+}]' \sim f(C'_{\text{помещ}}) \quad (4),$$

и при поддержании в воздухе помещения этой концентрации нитрата стронция (C'_{\text{помещ}}) в организме человека будет выполняться условие

$$C_{\text{бзк}} = [Sr^{2+}]' \quad (5)$$

Тогда это значение концентрации нитрата стронция в помещении можно принять за оптимальное значение по воздухообмену в помещении $C_{\text{опт}} = C'_{\text{помещ}}$ (6).

Таким образом, биологически значимая концентрация биогенного элемента (в нашем случае стронция) будет определять значение оптимального расхода наружного воздуха (L_{\text{опт}}) в помещении.

Аналогично будет определяться и допустимый расход наружного воздуха, то есть при

$$C_{\text{допуст}} = C''_{\text{помещ}} \sim f(L_{\text{допуст}}) \quad (7)$$

будет выполняться условие $C^{\text{в}}_{\text{допуст}} = [Sr^{2+}] \sim f(C_{\text{допуст}})$ (8).

При этом оптимальное и допустимое значение биологически значимой концентрации биогенного элемента связаны между собой:

$$C_{\text{бзк}} + \Delta C = C^{\text{в}}_{\text{допуст}} \quad (9)$$

Пусть $C^1_{\text{бзк}}$ – среднесуточная биологически значимая концентрация (БЗК) элемента $[Sr^{2+}]$, которая должна обеспечивать баланс поступления этого элемента в организм человека с воздухом;

$C^2_{\text{бзк}}$ – среднесуточная БЗК элемента $[Sr^{2+}]$, которая должна обеспечивать баланс поступления этого элемента в организм человека с пищей;

$C^3_{\text{бзк}}$ – среднесуточная БЗК элемента $[Sr^{2+}]$, которая должна обеспечивать баланс поступления этого элемента в организм человека с водой.

Тогда общую оптимальную среднесуточную норму поступления элемента $[Sr^{2+}]$ в организм человека можно выразить как

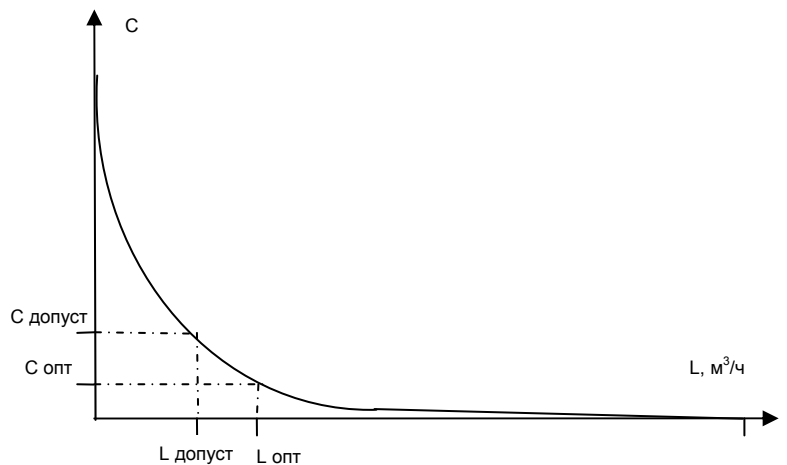


Рисунок 5. Зависимость концентрации нитрата стронция в воздухе помещения (C) от расхода наружного воздуха (L)

$$C^1_{\text{бзк}} + C^2_{\text{бзк}} + C^3_{\text{бзк}} = C^{\text{общ}}_{\text{бзк}} \quad (10).$$

А допустимая среднесуточная норма поступления элемента $[Sr^{2+}]$ в организм человека будет выражаться как

$$C^{1в}_{\text{допуст}} + C^{2в}_{\text{допуст}} + C^{3в}_{\text{допуст}} = C^{\Sigma в}_{\text{допуст}} \quad (11).$$

И предельная концентрация поступления через различные источники ионов стронция в организм человека не должна превышать $C^{\Sigma в}_{\text{допуст}} = 2$ мг/сутки.

Если дополнительно к нитрату стронция в воздух, в пищу или воду добавить хлорид стронция (например, высокая концентрация $SrCl_2$ содержится в атмосферном воздухе), то можно увеличить концентрацию ионов стронция в организме человека. А верхняя предельно допустимая концентрация стронция в организме человека будет определяться произведением растворимости различных соединений стронция (например, $[Sr^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = 1,1 \cdot 10^{-10}$, $[Sr^{2+}] \cdot [OH]^{-2} = 3,2 \cdot 10^{-4}$, $[Sr^{2+}] \cdot [PO_4^{3-}]^2 = 1 \cdot 10^{-31}$ и т.д. [6]). В тех случаях, когда в организме произведение концентраций кристаллообразующих ионов превысит произведение растворимости, в нем могут образоваться соответствующие патогенные биоминералы. Если мы будем моделировать образование патогенных биоминералов в организме человека через образование кристаллов в гелях, то процесс зародышеобразования идет с существенным изменением кислотности среды, где они образуются.

На примере карбоната стронция можно рассмотреть механизм возможного образования патогенного биоминерала в организме человека (рис. 6).

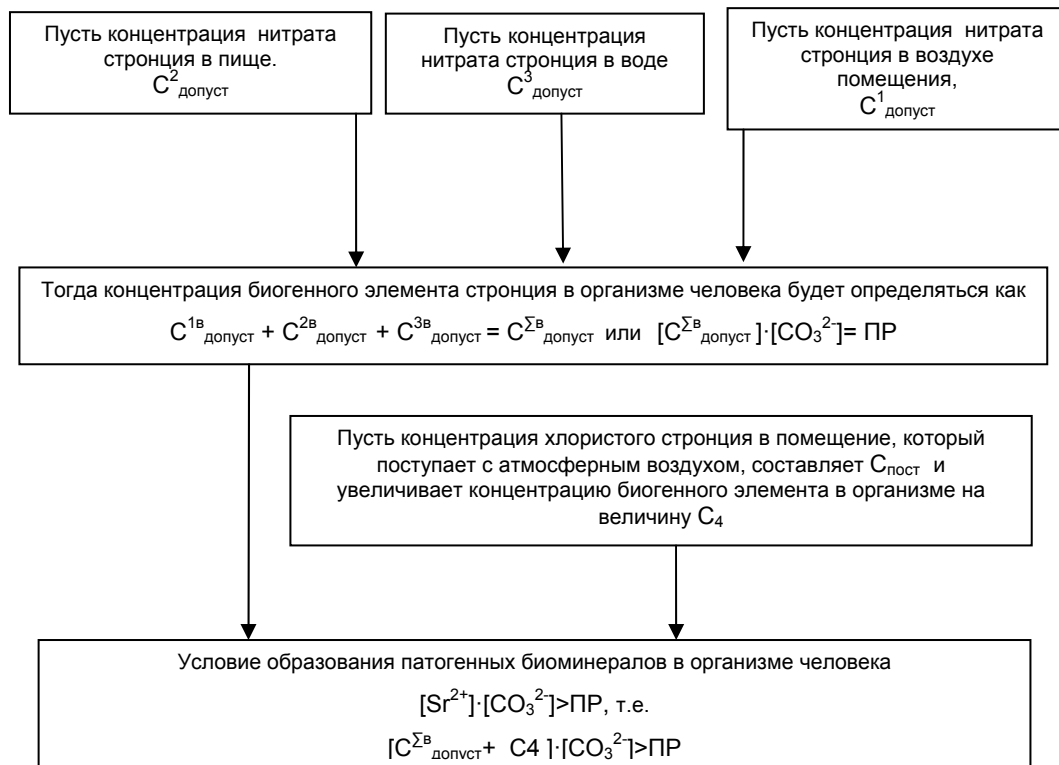
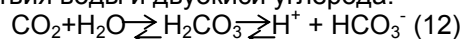


Рисунок 6. Схема возможного образования патогенного биоминерала (карбоната стронция) в организме человека от концентрации исходных реагентов, поступающих в организм с пищей, водой и воздухом

Для простоты будем рассматривать только реакцию стронция и угольной кислоты.

Основной физиологически важной кислотой в организме человека является угольная кислота (H_2CO_3), которая образуется за счет взаимодействия воды и двуокиси углерода:



(в водной среде).

Учитывая что различные газы растворяются в воде неодинаково, а степень их растворимости пропорциональна парциальному давлению газа в растворе, то растворимость CO_2 в плазме можно записать в следующем виде:

$$K_{\text{раств.}} \cdot P_{CO_2} = [CO_2]_{\text{раств.}} \quad (13),$$

где $K_{\text{раств.}}$ – константа растворимости CO_2 в плазме;

P_{CO_2} — парциальное давление CO_2 ;

$[CO_2]_{\text{раств.}}$ – количество CO_2 , растворенного в плазме.

Для гидратации CO_2 и диссоциации угольной кислоты (12) закон действующих масс выглядит следующим образом:

$$K_{a1} [\text{CO}_2]_{\text{раств.}} = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-],$$

$$K_{a2} [\text{HCO}_3^-] = [\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}] \quad (14),$$

где $[\text{H}^+]$ — концентрация ионов водорода в плазме;

$[\text{HCO}_3^-]$ — концентрация бикарбоната в плазме;

$[\text{CO}_3^{2-}]$ — концентрация кристаллообразующего иона в плазме;

K_{a1} — первая константа диссоциации угольной кислоты;

K_{a2} — вторая константа диссоциации угольной кислоты.

При поступлении стронция в организм человека равновесное состояние системы можно описать следующим образом:

$$K_{\text{раств.}} \text{Pco}_2 = [\text{CO}_2]_{\text{раств.}}$$

$$K_{a1} [\text{CO}_2]_{\text{раств.}} = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]$$

$$K_{a2} [\text{HCO}_3^-] = [\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]$$

$$K = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

$$K_{\text{равн.}} [\text{SrCO}_3]_{(\text{ТВ})} = [\text{Sr}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] \quad (15),$$

где $K_{\text{равн.}} [\text{SrCO}_3]_{(\text{ТВ})} = \text{ПР}$,

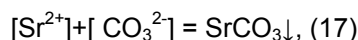
ПР — произведение растворимости, равное $1,1 \times 10^{-10}$,

K — константа диссоциации воды, равная 10^{-14} .

При условии, что произведение концентраций кристаллообразующих ионов превысит произведение растворимости, т.е. будет создано условие пересыщения

$$[\text{Sr}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] > \text{ПР}, \quad (16)$$

то в осадок в виде твердой фазы будет выпадать карбонат стронция:



а это будет приводить к увеличению кислотности среды, где образуется карбонат стронция, и этот процесс приведет к изменению концентрации бикарбоната в плазме.

Следовательно, первая реакция организма на образование любого патогенного биоминерала должна состоять в изменении концентрации бикарбоната в крови. Организм человека при этом включает защитные функции, для того чтобы привести свое состояние в норму. Но учитывая, что емкость буферных систем в нашем организме не безгранична, при дальнейшем увеличении концентрации ионов стронция мы можем изменить кислотность в организме человека до уровня, который может быть не совместим с жизнедеятельностью.

Параметры организма человека в норме [7]:

- 1) кислотность крови $\text{pH} = 7,4$;
- 2) содержание бикарбоната в плазме — 24 ммоль/л;
- 3) парциальное давление CO_2 в артериальной крови человека находится в равновесии с парциальным давлением CO_2 в альвеолярном воздухе и составляет примерно 40 мм рт. ст. при 37°C .

При этом смещать равновесие в системе можно как за счет увеличения концентрации ионов стронция в плазме, так и за счет увеличения парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе. То есть сместить равновесное состояние в организме человека или вывести его из состояния нормы могут ошибки проектировщика при определении воздухообмена или при воздухораспределении в помещении.

Вывод: биогеохимическая теория ограничивает концентрации биогенных элементов в организме человека как сверху, так и снизу и рассматривает различные источники их поступления в организм человека. В то же время в существующих нормативных документах не регламентируется зависимость концентрации биогенного элемента в организме человека от всех исходных реагентов, находящихся в воздухе помещения.

При этом проектировщик в своей работе исходит именно из нормативной документации. Если спросить любого проектировщика, как повлияет созданная им климатическая система на организм конечного пользователя этих систем, то он может ответить только, что система соответствует нормам.

Давайте рассмотрим, насколько аргументировано выглядит этот довод.

В статье Е.О. Шилькрота и Ю.Д. Губернского [7] есть одно замечательное место, которое следует привести дословно: «Насколько нам известно из беседы с профессором Bjarne W. Olesen, директором Международного центра по качеству воздуха и энергосбережению, рекомендуемые в стандарте величины воздухообмена не основываются на объективных физиологических реакциях человека, а получены путем статистической выборки среди людей, адаптированных к внутренней воздушной среде (количество удовлетворенных – 80%)».

Отсюда следует вывод, что нормативный воздухообмен не связан с физиологией человека, т.е. в стандарте даже не учитывается связь CO_2 в воздухе помещения с бикарбонатом в крови человека. Но из той же статьи следует: «Расчет необходимого воздухообмена является достаточно сложной задачей. Несмотря на давность проблемы отечественные и зарубежные данные об оптимальном воздухообмене до сих пор противоречивы и нередко недостаточно обоснованы». П. Оле Фангер подчеркивает [9], что обычно в воздухе присутствуют сотни и даже тысячи химических веществ, каждое из которых имеет небольшую концентрацию, а мы обладаем весьма ограниченной информацией о влиянии этих веществ на здоровье и комфорт людей.

Таким образом, в действиях проектировщика при создании климатических систем в соответствии с постулатами Парацельса [10] мы получаем неопределенность в оценке риска отрицательного влияния воздуха на организм человека:

Неопределенность = Вариабельность + отсутствие сведений

А должны получать

$$\text{Риск} = (\text{Токсичность}) \times (\text{Доза})$$

если

$$\text{Экспозиция} = \text{Доза}$$

тогда

$$\text{Риск} = (\text{Токсичность}) \times (\text{Экспозиция})$$

Целью данной статьи является попытка оценить риск отрицательного влияния воздуха на организм человека на основе моделирования процессов зарождения и роста кристаллов в гелях и сопоставления полученных результатов и математической модели.

Выбор моделирования отрицательного влияния воздуха на организм человека на основе процессов зарождения и роста кристаллов в гелях не случаен.

Базой для стандартов и предписаний по системам вентиляции (CEN, 1998; ASHRAE, 2004) является метод, в основу которого положена реакция органов чувств человека на воздух различного качества (сенсорная реакция). П. Оле Фангер отмечает, что часто встречаются высказывания о том, что сенсорные измерения более предпочтительны, чем химические измерения. На практике эта «философия» стандартов определяет невысокое качество воздуха, которым недоволено большее количество людей, чем ожидалось, что документально зафиксировано в результатах многих исследований в реальных условиях, в зданиях по всему миру, построенных согласно требованиям этих стандартов.

Сложные биохимические процессы, происходящие в организме человека, могут приводить к существенным искажениям реакции организма на воздействие воздуха с определенными физическими параметрами и химическим составом. Поэтому, на наш взгляд, такой объект исследования как «человек» является не совсем удачным выбором для поиска причин отрицательного воздействия воздуха на организм. Необходим другой, более простой объект для исследования, который позволил бы хотя бы в общих чертах понять, как влияют химические соединения, находящиеся в воздухе помещения, на человека. Это позволило бы в дальнейшем, влияя на химический состав воздуха, исключить его отрицательное воздействие на человека.

Таким объектом для исследований могут быть кристаллы, которые образуются в гелях (метод кристаллизации в гелях). Тем более что процессы, которые могут протекать в гелях, характерны для организма человека: образование камней в почках, отложение кальция в межпозвоночных дисках (остеохондроз), образование бляшек (атеросклероз).

Положительной особенностью метода кристаллизации в гелях является возможность постоянного визуального наблюдения за процессами возникновения кристаллов и управления этими процессами. Кристаллы являются химическими соединениями, а образование химических соединений в пористых и вязких средах нас и интересует.

Рассмотрим метод кристаллизации в гелях [11].

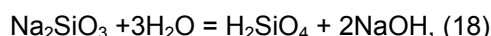
1. Структура и свойства гелей.

К материалам, которые обычно называют гелями, относят не только силикагель (т.е. гели кремниевой кислоты), но также агар-агар (углеводный полимер, получаемый из водорослей), желатин (вещество, родственное простым белкам), различные соли высших кислот (зеленые мыла, целый ряд олеатов и стеаратов), поливиниловый спирт и пр. Ближе всего к гелям по структуре стоят золи, которые также представляют собой двухкомпонентные системы, похожие больше на жидкости, нежели на твердые тела. Существуют также гибридные среды, которые состоят из небольших желеобразных частиц, отделенных друг от друга относительно большими областями жидкой фазы. Такие среды иногда называют коагелями.

Гели образуются из суспензий или растворов путем установления пространственных связей между молекулами одного компонента, причем возникает трехмерная система. Такая система заключена в сплошную среду второго компонента. Поэтому гель можно рассматривать как полимер со слабыми перекрестными связями. Если дисперсионной средой служит вода, то такой материал называют «гидрогелем» (именно он образуется в поддоне кондиционера в процессе эксплуатации).

2. Механизм образования гелей и структура гидрогелей кремниевой кислоты.

Как полагают, при переходе метасиликата натрия в раствор образуется, согласно динамическому равновесию:



ортокремниевая кислота, которая может, как принято считать, полимеризоваться с выделением молекулы воды. Этот процесс может повторяться многократно до тех пор, пока не образуется трехмерная вязь из связей Si – O.

Основной отличительной особенностью геля является его пористость, обуславливающая большую удельную поверхность ($S_{\text{уд}}$):

$$S_{\text{уд}} = S/m, \quad (19)$$

где S – площадь межфазной поверхности между дисперсионной средой (жидкостью) и дисперсионной фазой (каркасом геля);

m – масса дисперсной фазы.

Удельная поверхность силикагелей составляет от 10 до 50 м²/грамм.

В зависимости от плотности материала эффективные диаметры пор для силикагелей оказываются порядка 5-16 нм.

3. Основные методы роста.

Если гель содержит винную кислоту ($\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$), а вторым реагентом служит приблизительно 1М раствор хлористого кальция (CaCl_2) (рис. 7), то спустя некоторое время в геле образуются слаборастворимые кристаллы тетрагидрата виннокислого кальция (тарtrate кальция):



Если концентрация кислоты чрезмерно высока, то могут образовываться кристаллы виннокислого натрия в виде длинных прозрачных игл. Кристаллы тарtrate кальция можно выращивать не только с помощью CaCl_2 , но также используя любую другую растворимую соль кальция, например, его ацетат. Для получения кристаллов кальция в гелях рекомендуется использовать следующие реактивы: источники ионов карбоната – растворы Na_2CO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NaHCO_3 или NH_4HCO_3 ; источники кальция – CaCl_2 или ацетат кальция $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$.

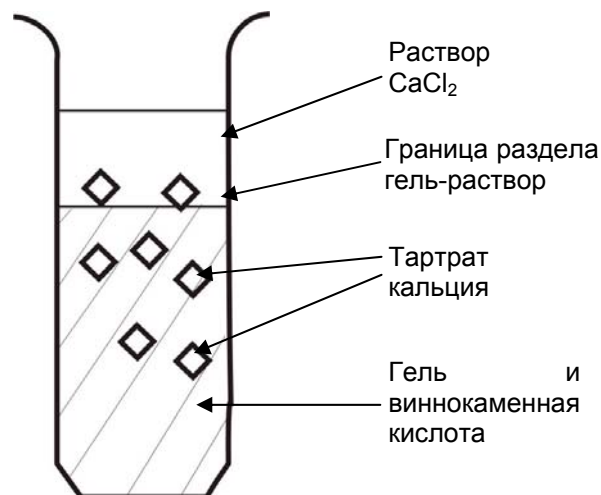


Рисунок 7. Основной метод кристаллизации в гелях в I-образных пробирках

Используя различные кислоты и соли металлов, можно получить множество других кристаллов. Среди кристаллов, которые хорошо образуются и растут в гелях, можно назвать следующие: тарtrate аммония, меди, кобальта, стронция, железа и цинка; оксалаты кадмия и серебра; вольфрамат кальция; иодид свинца; сульфат кальция; кальцит и арагонит; сульфиды свинца и марганца; металлический свинец; медь, золото и многое другое. Для нас имеет значение то, что второй реагент не обязательно должен быть в виде раствора. Можно использовать газообразные реагенты при различных давлениях. Кроме того, не обязательно, чтобы гель был кислым, а основу его не обязательно должен составлять метасиликат натрия; может быть использован, например, силикагель разных марок или гели агар-агара. Существует множество примеров роста кристаллов в других вязких средах, как природных, так и искусственных. Например, льда в мороженом,

тартратов в сыре, серы в резине, солей цинка в сухих элементах, рост кристаллов тиомочевины в соединительных тканях и костях организма человека. По последним данным [12], патогенные биоминералы (кристаллы) обнаружены практически во всех органах организма человека (таблица 1).

Таблица 1. Патогенные биоминеральные образования, обнаруженные в организме человека [12]

Патообразования	Минералогическое название	Химическая формула	Размеры и вес
Камни мочевой системы	веввелит, ведделлит струвит гидроксилапатит, витлокит, брушит, кальцит, арагонит, гетит, гематит, магнетит, мочевая кислота и ее соли ксантин, гипоксантин, цистин	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaC}_2\text{H}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 , FeOOH , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_2$, $\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_2\text{N}_4(\text{NH}_4)_2$ $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_2$, $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}$ $\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	от размера песчинки до 200 мм даже 350– 400 мм от 0,1 мг до 1,2 кг максимальный вес зафиксирован 5,5 кг в почечной лоханке
Желчные камни	сульфаты Ca, Na, Mg кальцит, арагонит, ватерит, гидроксилапатит нитрат аммония, галит холестерин, стеорат Са-пальмитат Са	$\text{Me}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ CaCO_3 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$ NH_4NO_3 , NaCl , $\text{C}_{27}\text{O}_{45}\text{OH}$, $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca}$ $(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO})_2\text{Ca}$	1–50 мм, макс. размер 111–130 мм и вес 106 г
Зубные камни	гидроксилапатит, витлокит, брушит, кальцит, струвит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ CaCO_3 , $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	от 0,1 мм до грецкого ореха с весом 2,65 г
Слюнные камни	гидроксилапатит, кальцит, витлокит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$, CaCO_3 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	от просяного зерна до горошины, макс. куриное яйцо
Кальцификаты на сердечном клапане	Карбонатгидроксилапатит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$	2,8 г
Кальцификаты на легких	карбонатгидроксилапатит, кальцит, холестерин	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$ CaCO_3 , $\text{C}_{27}\text{O}_{45}\text{OH}$	до 20 мм
Минеральные отложения на сосудах	карбонаты Са, гидроксилапатит	CaCO_3 , $\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$	1-15 мм ² , х 2 мм вес до 87 мг
Минеральные образования в мышцах	гидроксилапатит с высоким сод. CO_3	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$	20 60 мм
Минер. образ. в злокачественных опухолях	карбонатгидроксилапатит, кальцит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$, CaCO_3	10 мкм
Мозговой песок	карбонатгидроксилапатит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$	нет данных
Поджелудочные камни	кальцит, арагонит, карбонатгидроксилапатит	CaCO_3 , $\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$	до 4 мм
Минер. образ. в селезенке	ферригидриты, фосфаты	$\text{FeO}(\text{OH})$, Fe_3O_4 и др.	нет данных
Камни предстательной железы	карбонатгидроксилапатит, брушит, витлокит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$ $\text{CaH}(\text{PO}_4)_2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0.2 – 1 мм
Носовые камни	карбонаты, фосфаты	CaCO_3 , $\text{CaH}(\text{PO}_4)$	нет данных
Камни в хрусталике глаза	холестерин, витлокит, апатит, карбонаты, оксалаты, тирозин, липоиды	$\text{C}_{27}\text{O}_{45}\text{OH}$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$,	до 0.25 мм
Минеральные выцветы на коже	рудные элементы	Ag, Zn и другие.	нет данных

Но кристаллы могут образовываться не только в гелевой среде. Г. Гениш [11] упоминает, что Драпер вместо обычных гелей использовал мелкий песок и одиночную капиллярную трубку; оказалось, что и в таких системах можно получать кристаллы. Отсюда можно сделать вывод, что химические соединения могут образовываться не только в организме человека, но и на любой высокоразвитой поверхности внутри помещений, в том числе прекрасной средой для образования различных химических соединений может быть пыль. Мы рассматривали образование твердой фазы в гелях, но следует отметить, что В.Б. Алесковский в своей работе [13] приводит следующие экспериментальные данные: «Л. Баррэдж заметил (1933 г.), что при нагревании до 100°C силикагеля, содержащего адсорбированные им пары четыреххлористого углерода, выделяются хлористый водород и фосген». Тогда нам необходимо учитывать возможность образования химических соединений на высокоразвитой поверхности в виде не только твердой, но и газообразной фазы. Высокорастворимой поверхностью в помещении может служить бетон, кирпич и ряд отделочных материалов. Они, как и силикагель, пористы и обладают высокой удельной поверхностью.

Г. Гениш [11] приводит высказывания Фишера и Симона о том, что гели представляют собой прекрасную среду для выращивания кристаллов почти любого вещества в управляемых условиях. При этом сам говорит о том, что такая возможность далека от реализации к настоящему моменту. Это относится к управлению процессом зарождения и выращивания кристаллов в гелях, но наша задача гораздо проще: нам необходимо не допустить зарождения патогенных биоминералов в организме человека. Для того чтобы управлять процессом зарождения кристаллов, мы должны сперва описать этот процесс.

Литература

1. Словарь терминов. Автономная некоммерческая организация науки – Центр «Окружающая среда-Риск-Здоровье» // <http://www.erh.ru/slovar.php>
2. Венедиктов Д.Д. Здоровоохранение России: кризис и пути преодоления. М., 1999.
3. Полякова Е.В. Стронций в подземных водах и его влияние на организм человека // Минералогия и жизнь: Материалы IV Международного семинара. Сыктывкар, 2007.
4. Жолнин А.В. Химия биогенных элементов. Конспект лекций по общей химии. Челябинск, 2001.
5. Салтыков А.В. Биоэкология: Учебное пособие. Ульяновск, 2000.
6. Ефимов А.И. и др. Свойства неорганических соединений. Справочник. Л., 1983.
7. Почки и гомеостаз в норме и при патологии / Пер.с англ., под ред. С. Клара. М., 1987.
8. Шилькрот Е.О., Губернский Ю.Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? // АВОК, №4/2008. М., 2008.
9. Оле Фангер П. Качество внутреннего воздуха в зданиях, построенных в холодном климате // АВОК, №2/2006. М., 2006.
10. Новиков С.М. Химическое загрязнение окружающей среды: основы оценки риска для здоровья населения. М., 2002.
11. Гениш Г. Выращивание кристаллов в гелях. М., 1973.
12. Пальчик Н.А., Столповская В.Н. Минералы внутри нас // Вестник РФФИ, №4/1998. М., 1998.
13. Алесковский В.Б. Стехиометрия и синтез твердых соединений. Л., 1976.

**Леонид Леонидович Гошка, ООО «Кола», г. Сыктывкар*

Раб. тел. (8212) 29-10-24, факс: (8212) 24-44-10

Эл. почта: tookola@mail.ru