

## БАЛЬНЕОТЕХНИКА

П. В. ЛАХИН

### СПОСОБ ОКСИГЕНАЦИИ ЧИСТОЙ ВОДЫ И ГИДРАТАЦИИ РАСТВОРЕННЫХ В НЕЙ ВЕЩЕСТВ В ВАКУУМНОЙ СРЕДЕ

Термин „оксигенация” в физиологии и медицине означает насыщение крови и тканей организма кислородом [7]. Однако в экспериментальной практике, при приготовлении питательных сред для инкубации изолированных органов, их насыщают газовыми смесями (например- карбоген) методом барботирования и называют этот процесс оксигенацией.

При приготовлении физиологических растворов экспериментаторы физиологи и биохимики учитывают только условия, при которых происходит процесс растворения твердых веществ (рис.1). Однако, физическое состояние самого растворителя, когда за процессом растворения закономерно следует процесс гидратации, тоже необходимо учитывать.

Термин „гидратация” означает взаимодействие вещества с водой, при котором молекулы воды не разрушаются (как это происходит при гидролизе). В результате этого, взаимодействия, молекулы воды присоединяются к веществу (ионы – катионы, анионы, молекулы), образуют гидратные оболочки, называемые гидратами [7].

Чистая вода по определению ученых [1,2], состоящая только из атомов водорода и кислорода, объединённые в молекулах вода, на самом деле чрезвычайно гибкая, изменчивая равновесная структура смесей пара, льда и жидкости, зависящая от малейших изменений давления, температуры и различных электрических и магнитных полей.

Природная поляризация молекул воды, наличие в них частично нескомпенсированных электрических зарядов, способствует их взаимодействию между собой, объединению и группировке в укрупненные ассоциаты [2,3,4,6].

При нормальной температуре (20<sup>0</sup>С) и атмосферном давлении чистая вода представляет собой жидкость, состоящую из льдоподобных гибких кристаллов клатратной и полигональной структуры, образованных из молекул воды и скрепленных водородными связями [5,6,8] при этом, в температурном интервале от 0 до +100<sup>0</sup> концентрация мономерных молекул воды сохраняется и составляет не более 1% [3].

Микромолекулярная структура воды с большим количеством полостей (2/3 объема воды) позволяет ей, разорвав водородные связи, присоединять ионы и молекулы растворимых твердых веществ и газов, тем самым способствуя их растворению и гидратации [2] (рис. 3-5).

При неизменном атмосферном давлении структура воды изменяется от изменения температуры внешней среды. При этом снижение температуры до 0<sup>0</sup> ведет к структурообразованию или упорядочению этой структуры, а повышение в сторону 100<sup>0</sup> наоборот, приводит к разупорядочению структуры воды и к разрыву водородных связей, образованию кластеров. Газонасыщение воды происходит таким же образом, как и при растворении и гидратации твердых веществ. Газы, растворяясь в воде, в молекулярном состоянии попадают в полости полигональных структур, в результате чего образуются газогидраты (рис.6).

При температуре 200<sup>0</sup>С и нормальном атмосферном давлении, в 1 л чистой воды растворяется: углекислый газ - 665 мл, кислород - 45см<sup>3</sup>, азот - 21см<sup>3</sup>.

Исходя из вышеизложенного мы пришли к заключению о том, что проведение оксигенации на открытом воздухе методом барботирования не способствует полному её насыщению газовой смесью, так как внутреннее пространство клатратных и полигональных структур воды прочно удерживает молекулы газов атмосферного воздуха. Если освободить эти пространства (например - вакуумированием чистой воды), то появится возможность дозированного насыщения воды необходимыми газовыми смесями с одновременной гидратацией растворимых веществ в вакуумированной воде.

Нами разработано устройство, позволяющее насыщать газовыми смесями чистую воду без применения метода барботирования, при этом, одновременно растворять и гидратировать растворимые вещества в вакуумной воде.

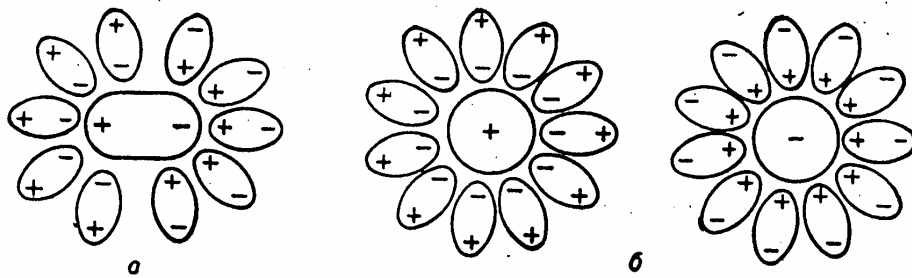


Рис. 1. Взаимодействие электролитов и диполей воды: диполи воды ориентированы относительно молекулы вещества (а); диссоциация ионов электролита (б).

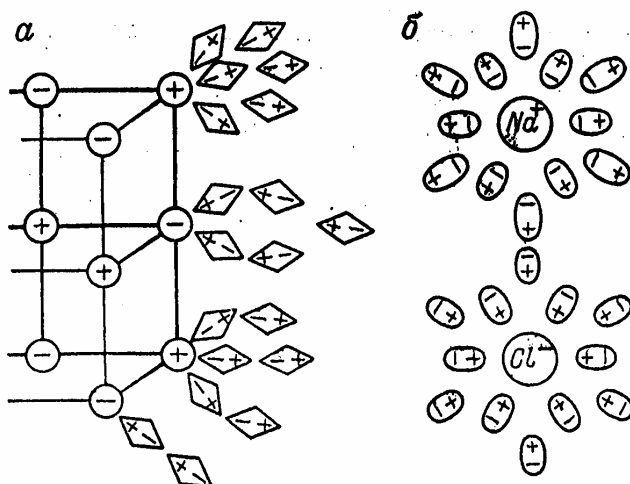


Рис. 2. Схема процесса растворения в воде кристалла поваренной соли.

а—отрицательно заряженные ионы хлора (в углах кристаллической решетки) притягивают положительно заряженные части полярной молекулы воды, а положительно заряженные ионы натрия—отрицательно заряженные части молекулы воды; б—образование вокруг находящихся в растворе ионов натрия и хлора гидратной оболочки из полярных молекул воды.

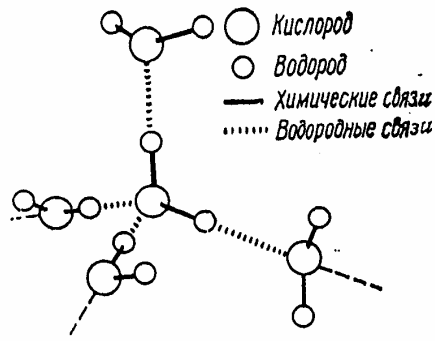
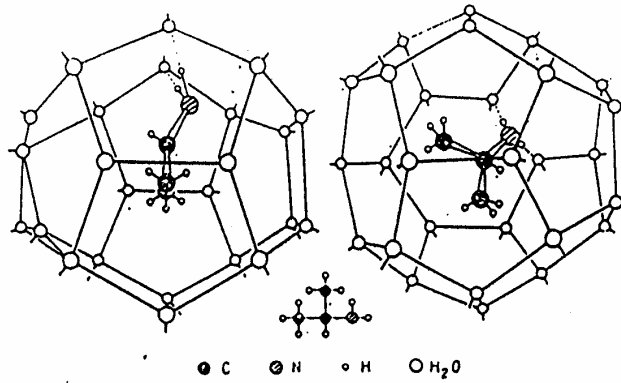
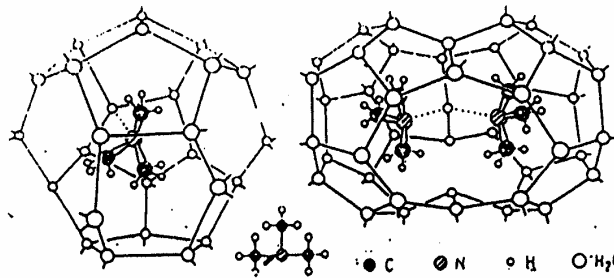


Схема взаимодействия молекул воды.

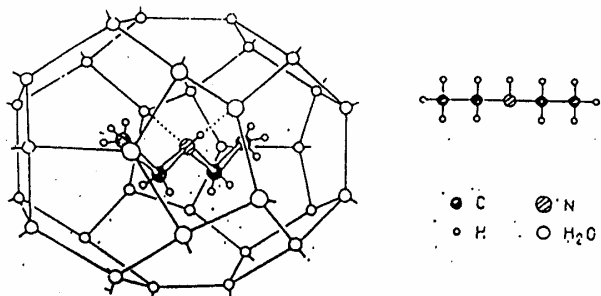


Два различных полиэдра в структуре полуклатратного гидрата изипропиламина. Пунктир – водородные связи.

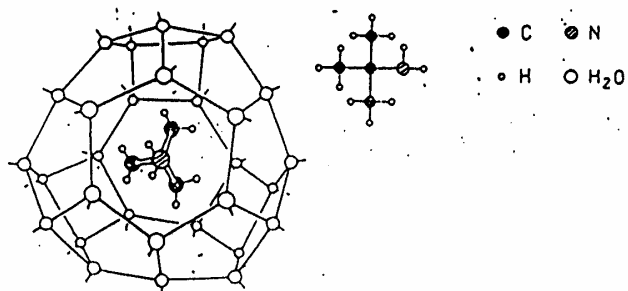


Два различных типа полиэдров в структуре одного и того же гидрата полуклатратного типа – триметиламингидрата.

Рис.3.

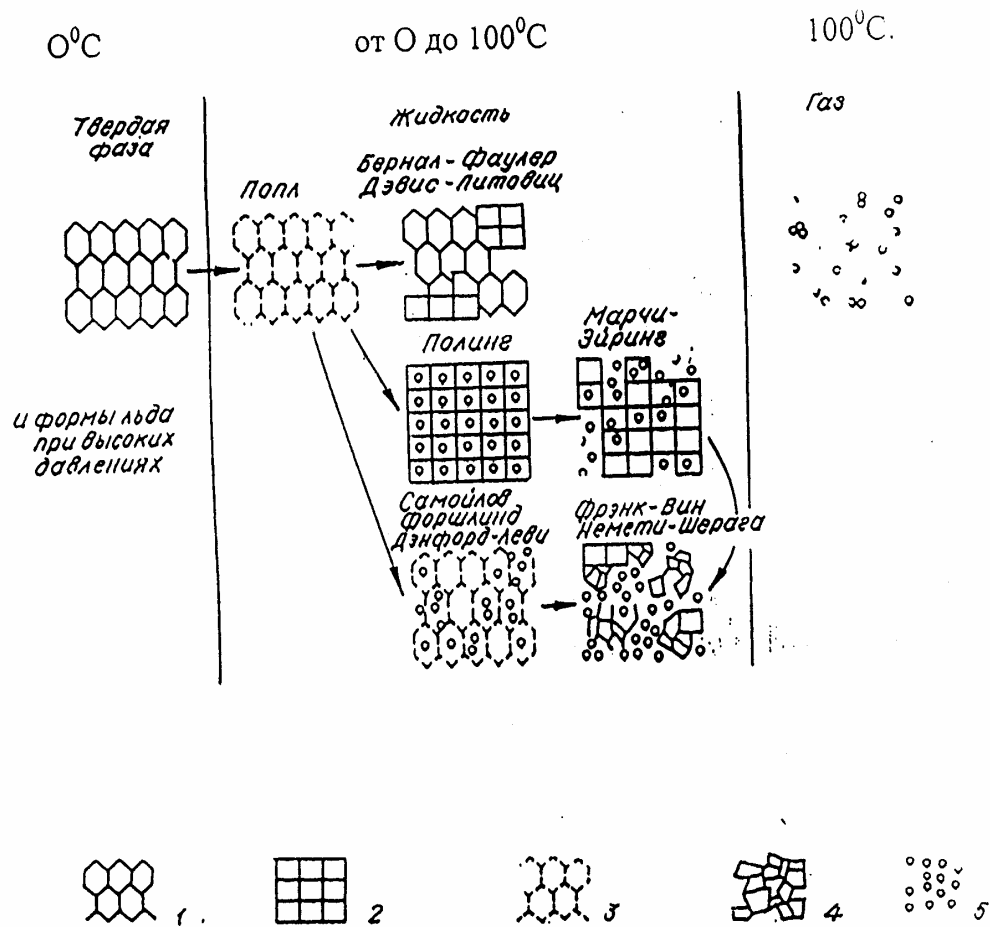


Семнадцатигранник в структуре гидрата *трет*-бутилами, представителя серии клатратных гидратов органических веществ с несимметричными молекулами. Элементарная ячейка содержит 16 подобных полиэдров и 156 молекул воды, большая часть которых размещается в их вершинах.



Восемнадцатигранник из воды в его вершинах образуется в структуре гидрата диэтиламина. Элементарная ячейка содержит 12 таких полиэдров, образующихся вокруг молекул диэтиламина, и 104 молекулы воды. Пунктир – водородные связи «гостевой» молекулы с молекулами воды, наличие которых указывает на принадлежность данного гидрата к новому класс – полуклатратами.

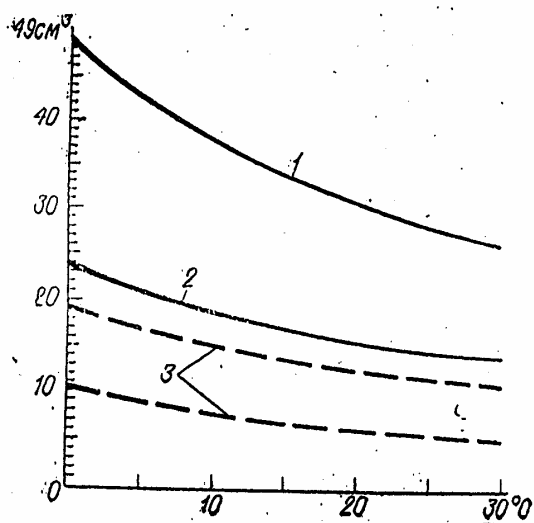
Рис.4.



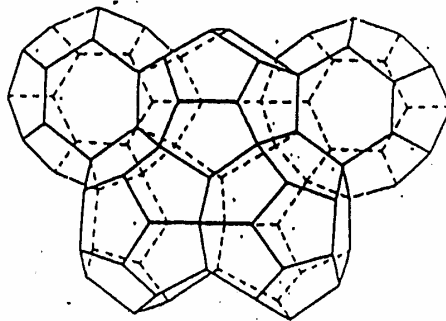
Структуры воды при различных температурных режимах

1. Кристаллическая решетка льда.
2. Кристаллические решетки, отличающиеся от льда.
3. Искривленная или разрушенная решетка льда.
4. Беспорядочно связанные молекулы воды.
5. Мономерные молекулы воды (пар).

Рис.5.



Зависимость растворимости кислорода (1), азота (2) и воздушной смеси этих газов (3) в воде от температуры (при атмосферном давлении).



Фрагмент структуры типичного клатратного гидрата газа с молекулами, диаметр которых меньше  $5,9 \text{ \AA}$  (бром, хлор, метан, ксенон и т.д.) молекулы воды размещаются в вершинах полиэдров, а «гостевые» молекулы – в центрах полиэдров. Элементарная ячейка в форме куба с ребром  $12 \text{ \AA}$  содержит в общей сложности 6 четырнадцатигранников и 2 двенадцатигранника-додекаэдра. Ребра полиэдров – водородные связи.

Рис.6.

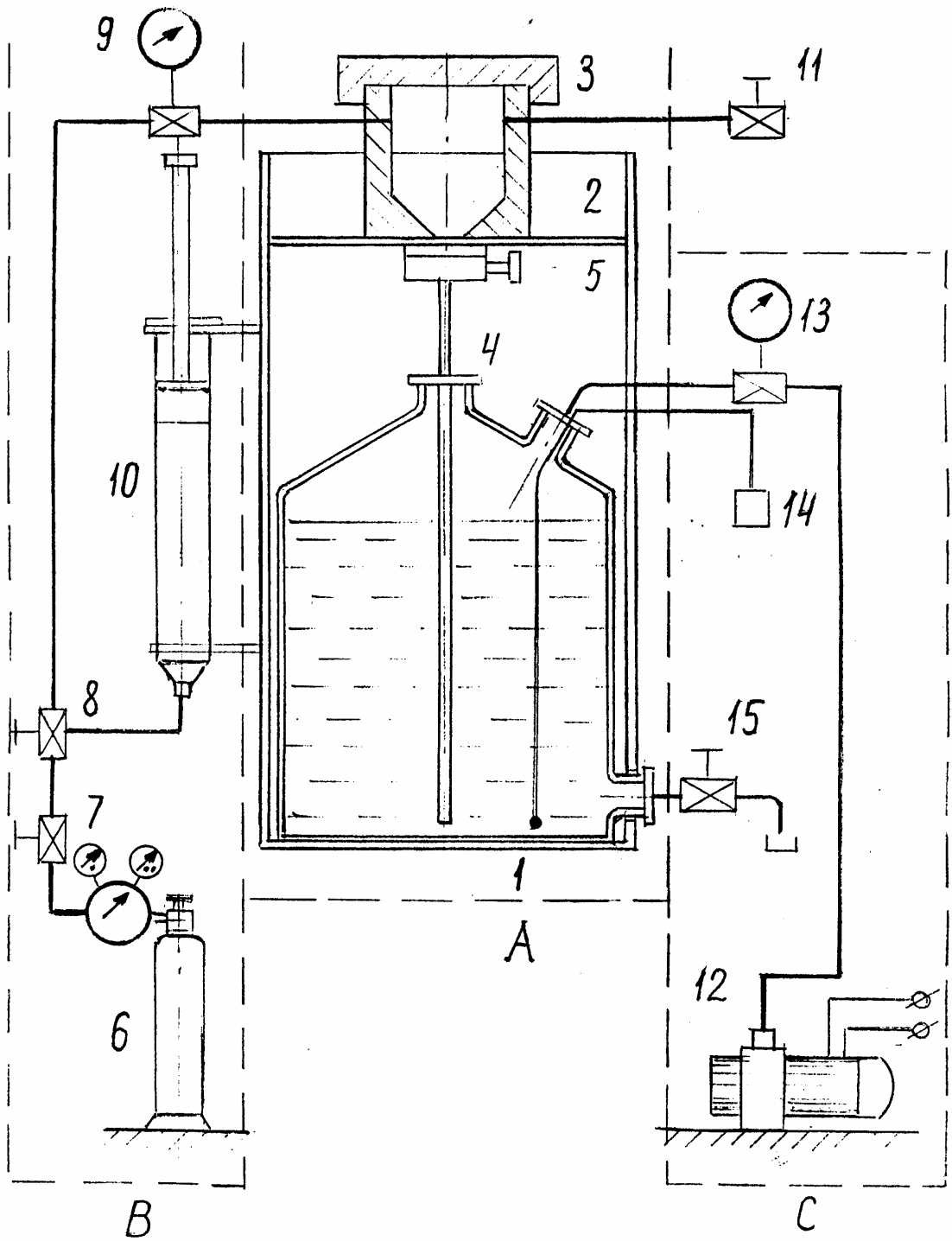


Рис. 7. Устройство для проведения оксигенации чистой воды и гидратации растворенных в ней веществ в вакуумированной среде.

Устройство (рис. 7), смонтировано из трех блоков, А, В, С. Блок А - состоит из двух емкостей, образующих между собой сообщающиеся сосуды. В этом блоке осуществляют оксигенацию, растворение необходимых веществ и их гидратацию в вакуумной воде. Блок В - представляет собой систему подачи газовой смеси для проведения оксигенации раствора.

Блок С – система, с помощью которой обеспечивают вакуумирование герметичной емкости с чистой водой.(1).

#### Составные комплектующие устройства

1. Колба стеклянная с двумя тубусами и горловиной.
2. Стакан из органического стекла, выполненный воронкой вовнутрь.
3. Крышка стакана с резьбой.
4. Трубка стеклянная, соединяет емкости (1;2).
5. Кран, для открывания и закрывания просвета трубки (4).
6. Баллон газовый с редуктором.
7. Кран газовый для перекрытия выхода газа из баллона.
8. Кран игольчатый для тонкой регулировки подачи газа в газовую систему.
9. Газовый манометр низкого давления (от 0 до 1 атм).
10. Цилиндр с поршнем в газовой системе для наполнения дозированного объема газовой смеси необходимые для проведения оксигенации.
11. Кран - с помощью которого производят продувку камеры (2), газовой смесью и последующей ее герметизации.
12. Насос вакуумный,- обеспечивает создание отрицательного давления внутри колбы (1) до уровня 16 тыс.м. над уровнем моря.
13. Альтиметр-высотомер.
14. Прибор для регистрации температуры раствора в колбе (1) с помощью термистера (микротермосопротивление).
15. Кран для забора приготовленного биораствора.

#### Порядок и последовательность проводимых операций при изготовлении биорастворов

Одно из важных условий при приготовлении биорастворов - это установление температурного режима чистой воды в емкости (1), который обеспечивает оптимальные условия для протекания процессов оксигенации и гидратации, т.к. эти процессы зависят от состояния структурообразовательных свойств молекул воды. Оптимальный температурный режим, при котором полигональная структура молекул воды эффективно вступает во взаимодействие с твердыми веществами и газовыми молекулами, находится в пределах 18-20<sup>0</sup>С. Эту температуру можно отследить с помощью термистера, если предварительно охладить чистую воду ниже 18<sup>0</sup>, или опустить в воду несколько кусочков льда замороженной чистой воды.

1. Присоединяют баллон с газовой смесью к системе газоснабжения.
2. Присоединяют к трубопроводу вакуумный насос.
3. Снимают крышку(3) и открывают кран (5); через воронку (2) наполняют емкость (1) чистой водой до уровня, не превышающий уровень верхнего тубуса.
4. Закрывают кран (5), после чего заполняют камеру (2) навеску вещества необходимое для приготовления раствора.
5. Герметизируют камеру (2) с помощью крышки (3).
6. Производят продувку камеры (2) газовой смесью, при этом открывают кран (7; 8;11) после продувки кран (11) закрывают.
7. Включают мотор вакуумного насоса и создают вакуумную среду в емкости (1), определяя разряжение в системе, с помощью альтиметра-высотомера до отметки 16 км над уровнем моря. Этого достаточно, чтобы опустошить пространственную структуру воды от растворенных в ней атмосферного газа.
8. Подают газовую смесь из газового баллона в систему газонасыщения с помощью игольчатого крана (8), при этом газовой смесью заполняется цилиндр с поршнем (10), поршень перемещается в верхнее крайнее положение.
9. По достижению крайней отметки высоты (показание альтиметра), вакуумный насос отключают.



10. По достижению необходимой температуры воды в емкости (1) - открывают кран (5). Все содержимое емкости (2), под действием атмосферного давления на поршень устремляется по трубке (4) в вакуумированную воду, в которой и происходят процессы растворения, гидратации оксигенации, одновременно. При этом, давление в цилиндре (10) играет роль буфера и дозатора объема газовой смеси.

Операция по приготовлению биораствора завершена. Отбирают готовый раствор с помощью крана (15).

Одним из преимуществ предлагаемого способа оксигенации и гидратации растворимых веществ в вакуумной воде заключается в экономном расходовании газовой смеси. Второе преимущество - это создание оптимальных условий (температурный режим и вакуумирование воды-растворителя) для оксигенации и гидратации растворимых веществ при изготовлении биорастворов. Так, например, на оксигенацию 1л воды при 20<sup>0</sup> С должно уходить 665 мл газовой смеси, а вместе с продувкой системы этот расход не превышает 1500 мл. При барбатировании расход газовой смеси в сотни раз больше.

В результате вакуумирования чистой воды происходит процесс высвобождения газовых молекул атмосферного воздуха из пространств полигональной кристаллической структуры и их удаление. Освободившиеся таким образом, пространства микроструктуры воды заполняют необходимые нам газовые смеси и твердые вещества.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Дерпгольц В.Ф. Мир воды.- М.: Недра, 1979.- С.5-9.
2. Кульский Л.А., Даль В.В. Чистая вода и перспективы её сохранения.- К.: Наук. думка, 1978.- С. 16-34.
3. Кульский Л.А. Вода знакомая и загадочная.- К.: Радянська школа, 1982.- С. 10-16.
4. Лука В. Влияние электролитов на структуру водных растворов // Вода в полимерах.- М.: Мир, 1984.- С.50-77.
5. Полинг Л. Общая химия.- М.: Мир, 1974.- С.374-388.
6. Стиллинджер Ф. Термические свойства диспергированной воды // Вода в полимерах.- М.: Мир, 1984.- С. 18-30.
7. Словарь физиологических терминов.- М.: Наука, 1987.
8. Rahman A., Stillinger F. H. // J.Amer. Chem.- 1973.- 95.- P. 39-43.

Отдел клинической патофизиологии Института физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины.

Дата поступления: 30.10.2007 р.