

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений и условных обозначений.	10
Введение.	11
Глава 1. Химические элементы в организме человека.	13
1.1. Структурные элементы в организме человека.	14
1.1.1. Кислород.	14
1.1.2. Углерод.	18
1.1.3. Водород.	21
1.1.4. Азот.	23
1.1.5. Кальций.	28
1.1.6. Фосфор.	60
1.2. Макроэлементы.	71
1.2.1. Калий.	71
1.2.2. Сера.	99
1.2.3. Натрий.	107
1.2.4. Хлор.	134
1.2.5. Магний.	143
1.2.6. Железо.	166
1.2.7. Фтор.	191
1.2.8. Цинк.	200
1.2.9. Кремний.	212
1.3. Микроэлементы.	221
1.3.1. Рубидий.	221
1.3.2. Стронций.	227
1.3.3. Бром.	232
1.3.4. Свинец.	238
1.3.5. Медь.	248
1.3.6. Алюминий.	256
1.3.7. Кадмий.	263
1.3.8. Церий.	268
1.3.9. Барий.	271
1.3.10. Олово.	276
1.3.11. Иод.	281
1.3.12. Титан.	288
1.3.13. Бор.	294

1.3.14. Селен	299
1.3.15. Никель	307
1.3.16. Хром	314
1.3.17. Марганец	322
1.3.18. Мышьяк	329
1.3.19. Литий	334
1.3.20. Ртуть	341
1.3.21. Цезий	352
1.3.22. Молибден	356
1.3.23. Германий	364
1.3.24. Кобальт	368
1.3.25. Сурьма	376
1.3.26. Серебро	382
1.3.27. Ниобий	387
1.3.28. Цирконий	389
1.4. Ультрамикроэлементы	393
1.4.1. Лантан	393
1.4.2. Теллур	394
1.4.3. Галлий	401
1.4.4. Иттрий	404
1.4.5. Висмут	406
1.4.6. Таллий	410
1.4.7. Индий	416
1.4.8. Золото	417
1.4.9. Скандий	421
1.4.10. Тантал	422
1.4.11. Ванадий	423
1.4.12. Торий	428
1.4.13. Уран	431
1.4.14. Самарий	434
1.4.15. Вольфрам	435
1.4.16. Бериллий	438
1.4.17. Радий	441
Глава 2. Влияние минералов на организм человека	445
2.1. Нервная система	445
2.1.1. Роль дефицита химических элементов в нарушении функционирования нервной системы	445
2.1.2. Роль избытка химических элементов в нарушении функционирования нервной системы	453

2.1.3. Неврологические и психические последствия нарушения минерального обмена	463
2.2. Зрение	466
2.2.1. Нарушение зрения при дефиците химических элементов	466
2.2.2. Роль избытка химических элементов в нарушении зрения	468
2.2.3. Влияние на зрение нарушения минерального обмена	472
2.3. Слух	473
2.3.1. Нарушение слуха при дефиците химических элементов ..	473
2.3.2. Нарушение слуха от избытка химических элементов	474
2.3.3. Влияние на слух нарушения минерального обмена	475
2.4. Органы дыхания	476
2.4.1. Роль избытка химических элементов в системе дыхания	478
2.4.2. Влияние на органы дыхания нарушения минерального обмена	484
2.5. Обоняние	486
2.6. Вкусовые ощущения	487
2.7. Состояние голоса	487
2.8. Сердечно-сосудистая система	488
2.8.1. Влияние дефицита химических элементов на сердечно-сосудистую систему	488
2.8.2. Влияние избытка химических элементов на сердечно-сосудистую систему	493
2.8.3. Влияние на сердечно-сосудистую систему нарушения минерального обмена	498
2.9. Атеросклероз	500
2.9.1. Влияние избытка химических элементов на течение атеросклероза	502
2.9.2. Влияние на течение атеросклероза нарушения минерального обмена	502
2.10. Система гемостаза	504
2.10.1. Влияние избытка химических элементов на систему гемостаза	505
2.10.2. Влияние на систему гемостаза нарушения минерального обмена	506
2.11. Кровь и кроветворение	507
2.11.1. Влияние избытка химических элементов на кровь и кроветворение	510

2.11.2. Влияние на кровь и кроветворение нарушения минерального обмена	515
2.12. Пищеварительная система	516
2.12.1. Влияние избытка химических элементов на пищеварительную систему	521
2.12.2. Влияние на пищеварение нарушения минерального обмена	529
2.13. Печень	533
2.13.1. Влияние избытка химических элементов на функционирование печени	535
2.13.2. Влияние на функционирование печени нарушения минерального обмена	539
2.14. Поджелудочная железа	540
2.14.1. Влияние на функционирование поджелудочной железы нарушения минерального обмена	541
2.15. Обмен веществ	542
2.15.1. Влияние избытка химических элементов на обмен веществ	548
2.15.2. Влияние на обмен веществ нарушения минерального обмена	555
2.16. Температура тела	560
2.16.1. Влияние на температуру тела нарушения минерального обмена	560
2.17. Отношение к алкоголю	561
2.17.1. Влияние на отношение к алкоголю нарушения минерального обмена	561
2.18. Кислотно-щелочное состояние	561
2.18.1. Влияние на кислотно-щелочное состояние нарушения минерального обмена	561
2.19. Эндокринная система	562
2.19.1. Влияние избытка химических элементов на эндокринную систему	564
2.19.2. Влияние на эндокринную систему нарушения минерального обмена	566
2.20. Регуляция уровня глюкозы	567
2.20.1. Влияние избытка химических элементов на уровень глюкозы	569
2.20.2. Влияние на уровень глюкозы нарушения минерального обмена	570
2.21. Иммунная система	571

2.21.1. Влияние избытка химических элементов на иммунную систему.....	576
2.21.2. Влияние на иммунную систему нарушения минерального обмена	578
2.22. Аллергические проявления	579
2.22.1. Влияние избытка химических элементов на возникновение аллергии	580
2.22.2. Влияние на возникновение аллергии нарушения минерального обмена	582
2.23. Метеозависимость	583
2.23.1. Влияние на метеозависимость нарушения минерального обмена	583
2.24. Онкологические заболевания	584
2.24.1. Влияние избытка химических элементов на онкологические заболевания	587
2.24.2. Влияние на онкологические заболевания нарушения минерального обмена	589
2.25. Мочевыделительная система	591
2.25.1. Влияние избытка химических элементов на мочевыделительную систему.....	592
2.25.2. Влияние на мочевыделительную систему нарушения минерального обмена	598
2.26. Repродуктивная система.....	601
2.26.1. Влияние избытка химических элементов на репродуктивную систему.....	605
2.26.2. Влияние на репродуктивную систему женщин нарушения минерального обмена	609
2.26.3. Влияние на репродуктивную систему мужчин нарушения минерального обмена	611
2.27. Рост и развитие.....	613
2.27.1. Влияние избытка химических элементов на рост и развитие	616
2.27.2. Влияние нарушения минерального обмена на рост и развитие	619
2.28. Процессы старения	620
2.28.1. Влияние избытка химических элементов на процессы старения.....	622
2.28.2. Влияние нарушения минерального обмена на процессы старения.....	623
2.29. Повреждение тканей.....	624

2.30. Регенерация тканей	624
2.31. Мышечная система	625
2.31.1. Влияние избытка химических элементов на мышечную систему	628
2.31.2. Влияние нарушения минерального обмена на мышечную систему	631
2.32. Костно-суставная система	632
2.32.1. Влияние избытка химических элементов на костно-суставную систему	637
2.32.2. Влияние нарушения минерального обмена на костно-суставную систему	641
2.33. Зубы и десны	643
2.33.1. Влияние избытка химических элементов на зубы и десны	646
2.33.2. Влияние нарушения минерального обмена на зубы и десны	648
2.34. Кожа, ее придатки и слизистые оболочки	649
2.34.1. Влияние избытка химических элементов на кожу, ее придатки и слизистые оболочки	656
2.34.2. Влияние нарушения минерального обмена на кожу, ее придатки и слизистые оболочки	663
Глава 3. Водно-минеральный обмен в организме	669
3.1. Зависимость здоровья населения от минерализации пищи	669
3.2. Особенности усвоения минералов	673
3.3. Содержание минералов в продуктах питания	674
3.4. Свойства воды и ее растворов	677
3.4.1. Зависимость растворимости солей в воде от температуры	680
3.4.2. Водородный показатель воды	681
3.5. Водно-солевой обмен в организме	682
3.5.1. Зависимость содержания воды в организме от возраста, телосложения и пола	683
3.5.2. Распределение жидкости в организме по секторам	685
3.5.3. Растворы в организме	688
3.6. Чрезмембранный обмен растворами	693
3.6.1. Механизмы чрезмембранного перетока растворов	693
3.7. Регуляция объема и осмолярности жидкостей организма	696
3.8. Суточный расход воды в организме	700

3.9. Наружные потери жидкости через открытые раны, свищи и фистулы	701
3.10. Внутреннее депонирование жидкости в имеющихся или возникших полостях	702
3.11. Признаки нарушения водно-солевого обмена	702
Глава 4. Лабораторный контроль водно-солевого обмена	707
4.1. Концентрация веществ в плазме и сыворотке крови	707
4.2. Осмолярность сыворотки	710
4.3. Гематокрит	711
4.4. Кислотно-щелочное состояние	712
4.5. Молочная кислота	712
4.6. Лабораторные показатели мочи	713
4.6.1. Осмолярность мочи	713
4.6.2. Плотность мочи	713
4.6.3. Натрий мочи	714
4.6.4. pH мочи	714
Глава 5. Нарушение обмена воды и солей в организме	715
5.1. Обезвоживание организма	715
5.1.1. Общее обезвоживание	716
5.1.2. Внеклеточное обезвоживание	718
5.1.3. Внутрисосудистое обезвоживание	723
5.2. Переводнение организма	730
5.2.1. Гипотоническое (гипоосмолярное) переводнение	730
5.2.2. Гипертоническое (гиперосмолярное) переводнение	732
5.2.3. Изотоническое (изоосмолярное) переводнение	732
5.2.4. Внутрисосудистое переводнение	734
Заключение	736
Список литературы	757
Предметный указатель	783

ВВЕДЕНИЕ

Начало всего есть вода.

Фалес (VI в. до н.э.)

Жизнь без воды немыслима. Это очевидно каждому и не нуждается в доказательствах. Еще более двух с половиной тысячелетий тому назад один из семи мудрецов древности Фалес пришел к убеждению, что вода есть начало всех явлений природы: «Все из воды: во-первых, начало всех животных — сперма, а она влажная; во-вторых, все растения влагой питаются и от влаги плодоносят, а лишенные ее засыхают; в-третьих, и сам огонь Солнца и звезд питается влажными испарениями, равно как и сам космос».

Однако вода — один из определяющих, но не единственный фактор жизни. Современник Фалеса Анаксимен ведущее место в мироздании отводил воздуху, утверждая, что «начало всех вещей — воздух». А в V в. до н.э. Мелисс выделяет в основе мироздания уже несколько начал: «В основании четырех элементов — воды, земли, огня, воздуха — лежит некая общая сущность, невозникшая и неуничтожаемая, которую следует назвать всеединым».

По существу, Мелиссом перечислены основные условия поддержания жизни. К этим условиям относятся: вода, земля (минеральные соли), огонь (энергия, тепло) и воздух (кислород, азот и другие газы). При этом вода объединяет остальные начала, растворяя минеральные соли и различные газы, поглощая и перенося тепло, создавая условия обмена веществ — основу жизнедеятельности.

Таким образом, возникновение и развитие живых организмов стало возможным в результате стечения на Земле в определенное время множества условий, важнейшими из которых явились: достижение на поверхности Земли подходящей для жизнедеятельности температуры, поддерживаемой поступлением солнечной энергии; наличие в атмосфере углекислого газа, кислорода, азота и др.; присутствие воды и жизненно важных химических элементов, таких как углерод, азот, кальций, фосфор и множество других, совершенно незаменимых для жизнедеятельности.

И все же жизнь возникла в воде, на основе воды и поддерживается водой. Вода составляет более половины массы живых организмов.

Являясь прекрасным растворителем, вода создает в организме условия для взаимодействия, преобразования, перемещения и распределения различных веществ. Высокая теплоемкость воды позволяет осуществлять внутриорганизменную терморегуляцию.

Ежедневное потребление около 2 л воды представляет наиболее важную часть пищевого рациона человека. В связи с этим отсутствие воды является тяжелым испытанием. Без воды человек может существовать не более недели, тогда как без продуктов питания он в состоянии прожить около месяца.

На основе воды с растворенными солями, белками и газами создаются условия для оптимального протекания жизненных процессов, функционирования многочисленных ферментов в организме за счет поддержания определенной осмолярности, коллоидно-осмотического давления, кислотно-основного состояния. При этом каждый химический элемент выполняет десятки и даже сотни разнообразных партий в грандиозной симфонии под названием «Жизнь».

Глава 1

Химические элементы в организме человека

Все исследуй, давай разуму первое место.
Пифагор (VI в. до н.э.)

Наш организм для жизнедеятельности использует химические элементы планеты Земля, которая наполовину состоит из кислорода (49,5%), на 1/4 — из кремния (25%), на 1/15 — из алюминия (7,5%), на 1/20 — из железа (5,08%), на 1/30 — из кальция (3,39%), по 1/40 части массы Земли приходится на натрий (2,63%) и калий (2,4%), около 1/50 приходится на магний (1,93%), около 1/100 — на водород (0,97%), около 1/160 массы Земли составляет титан (0,62%), 1/1000 — углерод (0,1%) и около 1/120 части составляют остальные более 100 химических элементов (0,88%) [34, 342, 519].

В организме человека обнаружено около 80 химических элементов [446, 535]. Роль 60 из них более или менее изучена. Условно их разделяют на структурные элементы, макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы [394].

Шесть структурных элементов составляют 98,2% массы тела человека (при расчете на среднего человека массой тела 70 кг): кислород — 43 кг (60%), углерод — 16 кг (23%), водород — 7 кг (10%), азот — 1,8 кг (2,6%), кальций — 1 кг (1,5%), фосфор — 0,78 кг (1,1%). На остальные 42 элемента приходится всего около 1,8%.

Представительство девяти макроэлементов в организме измеряется в граммах: калий — 140 г, сера — 140 г, натрий — 100 г, хлор — 95 г, магний — 19 г, железо — 4,2 г, фтор — 2,6 г, цинк — 2,3 г, кремний — 1 г.

Двадцать восемь микроэлементов представлены в организме в миллиграммах: рубидий — 680 мг, стронций — 320 мг, бром — 260 мг, свинец — 120 мг, медь — 72 мг, алюминий — 60 мг, кадмий — 50 мг,

церий — 40 мг, барий — 22 мг, олово — 20 мг, иод — 20 мг, титан — 20 мг, бор — 18 мг, селен — 15 мг, никель — 15 мг, хром — 14 мг, марганец — 12 мг, мышьяк — 7 мг, литий — 7 мг, ртуть — 6 мг, цезий — 6 мг, молибден — 5 мг, германий — 5 мг, кобальт — 3 мг, сурьма — 2 мг, серебро — 2 мг, ниобий — 1,5 мг, цирконий — 1 мг.

И, наконец, 17 ультрамикроэлементов, находящихся в организме в долях микрограммов и пикограммов: лантан — 800 мкг, теллур — 700 мкг, галлий — 700 мкг, иттрий — 600 мкг, висмут — 500 мкг, таллий — 500 мкг, индий — 400 мкг, золото — 200 мкг, скандий — 200 мкг, тантал — 200 мкг, ванадий — 110 мкг, торий — 100 мкг, уран — 100 мкг, самарий — 50 мкг, вольфрам — 20 мкг, бериллий — 36 мкг, радий — 0,7 пг.

Таким образом, если кислород в организме человека и земной коре составляет в равной степени значительную долю, то углерод в организме по сравнению с земной корой сконцентрирован в 180 раз больше, водород — в 10 раз больше. Почему же основными жизнеобразующими элементами стали именно те, а не иные. Нетрудно заметить, что каждый сам по себе или в соединениях может находиться в газообразном состоянии или хорошо растворим в воде, что создает условия их активного участия в обмене веществ как внутри организма, так и с окружающей средой.

1.1. СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

1.1.1. Кислород

Кислород (Oxygenium) (O) — химический элемент четвертой группы периодической системы Д.И. Менделеева, атомный номер 8, атомная масса 15,9994. При нормальных условиях кислород — газ без цвета, запаха и вкуса. Трудно назвать другой элемент, который играл бы на нашей планете такую важную роль, как кислород. Открытие двух главных составных частей воздуха — азота и кислорода, сделавшее эпоху в науке, произошло в конце XIII в. Кислород получили почти одновременно в 1769–1770 гг. Карл Вильгельм Шееле (Carl Wilhelm Scheele, 1742–1786) путем прокаливания селитр (KNO_3 , NaNO_3), двуокиси марганца (MnO_2) и других веществ и в 1774 г. Джозеф Пристли (Joseph Priestley, 1733–1804) при нагревании сурика (Pb_3O_4) и оксида ртути (HgO) [199].

Название происходит от греч. *oxy genes* — «образующий кислоты». Кислород составляет 89% массы воды, 23% массы воздуха и около 50% массы природных минералов [146].

Считается, что без еды человек может прожить больше месяца, без воды — 3 сут, а без кислорода — несколько минут. Именно кислород в организме человека дает нам жизнь и здоровье. Именно этот природный газ заряжает наш организм энергией вплоть до самой мельчайшей клеточки [201].

Кислород (О) — самый распространенный на Земле химический элемент, составляющий около половины всей массы нашей планеты, поэтому Землю можно условно назвать кислородной планетой. Основная часть кислорода при этом присутствует в форме силикатов, второе место здесь занимает вода. Земная атмосфера содержит почти 21% кислорода, но по отношению к общему количеству кислорода его атмосферная часть имеет несущественное значение.

Оказывается, что весь содержащийся в атмосфере кислород биогенного происхождения. Ведь 3,5 млрд лет назад атмосфера Земли практически не содержала кислорода, а 1,7 млрд лет назад в атмосфере его было в 10 раз меньше, чем сейчас.

Зато в конце каменноугольного периода (около 300 млн лет назад) содержание кислорода в атмосфере доходило до 35%. Это была эпоха огромных насекомых и папоротников.

Выявлено, что промышленная деятельность человека мало влияет на содержание кислорода в атмосфере, поскольку баланс кислорода и углекислого газа, выделяемого в процессе сжигания углеводородов и каменного угля, очень стабилен: при большем образовании углекислоты лучше протекает процесс фотосинтеза за счет интенсивного роста микрофлоры, приводящего к увеличению содержания кислорода в атмосфере. Причем растения Земли выделяют такое огромное количество кислорода, что весь этот газ атмосферы может быть восстановлен всего за 2000 лет [200].

Технический кислород используют в процессах газопламенной обработки металлов, в сварке, кислородной резке, поверхностной закалке, металлзации и др., а также в авиации, на подводных судах и пр. Технологический кислород применяют в химической промышленности при получении искусственного жидкого топлива, смазочных масел, азотной и серной кислот, метанола, аммиака и аммиачных удобрений, пероксидов металлов и других химических продуктов. Жидкий кислород применяют при взрывных работах, в реактивных двигателях и в лабораторной практике в качестве хладагента. Заключенный в баллоны чистый кислород используют для дыхания на больших высотах, при космических полетах, подводном плавании и др. В медицине кислород дают для вдыхания тяжелобольным, применяют для приготовления кислород-

ных, водяных и воздушных (в кислородных палатках) ванн, для внутримышечного (внутримышечно) введения и т.п. Кислород в металлургии широко применяется для интенсификации ряда пирометаллургических процессов [199].

Роль кислорода в организме человека

Кислород — биогенный элемент. В человеке его содержание по массовой доле составляет около 65% (25% по числу атомов). В теле взрослого человека содержится более 40 кг кислорода, то есть на «кислородной планете» проживают «кислородные организмы». Прямо как в популярной песне «Мы — дети твои, дорогая Земля».

Кислород является универсальным химическим окислителем, необходимым в синтезе аденозинтрифосфата (АТФ) — основного энергетика почти всех живых существ, присутствующего в связанном виде в большинстве химических соединений, и прежде всего в воде.

Каждая клетка нашего организма требует бесперебойной доставки кислорода, где он используется в различных обменных реакциях (легкие, гемоглобин, митохондрии). Для того чтобы доставить и рассортировать его по клеткам, нужен довольно мощный транспортный аппарат. В обычном состоянии клеткам организма каждую минуту требуется поставлять около 200–250 мл кислорода, что в сутки составляет около 300 л. При тяжелой работе эта потребность возрастает в десятки раз [156].

Источники кислорода

В организм человека кислород попадает двумя путями: в процессе дыхания (в чистом виде) и с пищей и водой (в связанном виде). Здоровый организм человека берет из воздуха столько кислорода, сколько ему нужно.

Дефицит кислорода

Дефицит кислорода приводит к развитию гипоксии. Причинами гипоксии могут быть:

- пониженное (вплоть до полного отсутствия) содержание кислорода в атмосфере;
- сниженное парциальное атмосферное давление (при подъеме на большую высоту в горах, при полете на летательных аппаратах). Проблемы могут начаться уже на высоте 2000 м над уровнем моря, а на высоте 5000 м они уже гарантированы. На высотах более 8000 м и более без кислородной маски человек умирает очень быстро;

- снижение или полное прекращение поступления воздуха в легкие (асфиксия), например, при удушении, утоплении;
- недостаточная транспортировка кислорода в ткани в результате нарушений в работе сердечно-сосудистой системы, при анемии (малокровии), неспособности гемоглобина связывать, транспортировать или отдавать кислород из-за различных заболеваний или при отравлении угарным газом, сероводородом, некоторыми оксидами азота и др.;
- неспособность тканей утилизировать кислород в результате нарушений протекания окислительно-восстановительных реакций (например, при отравлении цианистым калием, синильной кислотой).

Симптомы острой гипоксии:

- обморок и кома;
- расстройство, необратимые нарушения и даже гибель клеток центральной нервной системы (ЦНС) (всего 5 мин отсутствия кислорода достаточно для наступления биологической смерти).

Симптомы хронической гипоксии:

- апатия, расстройства внимания, галлюцинации, быстрая физическая и психическая утомляемость;
- нарушения ЦНС;
- одышка и тахикардия при незначительной физической нагрузке или даже в покое.

Избыток кислорода

Еще недавно считалось, что чем больше кислорода получает человеческий организм, тем лучше. С этой целью конструировались специальные барокамеры, в которые подавался чистый кислород, да еще под повышенным давлением. Баллоны для аквалангов также было принято наполнять чистым кислородом. Однако уже совсем скоро стало ясно, что избыток кислорода вреден для организма.

В результате кислородного отравления в наших тканях образуется большое количество свободных радикалов, которые нарушают работу клетки и даже приводят к появлению мутаций. В результате организм начинает быстро стареть на клеточном уровне. Существует версия, что высокой продолжительностью жизни народы, проживающие в горной местности, обязаны именно пониженному поступлению кислорода в организм.

Газ озон, молекула которого состоит из трех атомов кислорода (O_3), считается высокотоксичным веществом I группы, поскольку он очень

быстро разлагается на обычный диоксиген (O_2) и химически активный атомарный кислород (O). Именно атомарным кислородом и пахнет озон. При высокой концентрации озона в воздухе из-за раздражения слизистой оболочки органов дыхания может наступить удушье. Содержащийся в кровеносном русле холестерин при соединении с озоном переходит в нерастворимые формы, что приводит к развитию атеросклероза. Озон мгновенно убивает мужские половые клетки, поэтому при хроническом отравлении может развиться мужское бесплодие.

Именно поэтому использование озонаторов для дезинфекции помещений может быть небезопасным для здоровья. Тем более что во многих развитых странах озонотерапия запрещена, поскольку токсическое, канцерогенное и мутагенное действие озона явно перевешивает все полезные эффекты его применения [200].

1.1.2. Углерод

Углерод (Carboneum) (C) — химический элемент четвертой группы периодической системы Менделеева, атомный номер 6, атомная масса 12,011. Углерод известен с глубокой древности. Древесный уголь служил для восстановления металлов из руд, алмаз — как драгоценный камень. Значительно позднее стали применять графит для изготовления тиглей и карандашей [510].

В 1778 г. Карл Вильгельм Шеерле, нагревая графит с селитрой, обнаружил, что при этом, как и при нагревании угля с селитрой, выделяется углекислый газ. Химический состав алмаза был установлен в 1772 г. в результате опытов Антуана Лорана Лавуазье (Antoine Laurent de Lavoisier, 1743–1794) по изучению горения алмаза на воздухе и исследований Смитсона Теннанта (Smithson Tennant, 1761–1815) в 1797 г., доказавшего, что одинаковые количества алмаза и угля дают при окислении равные количества углекислого газа. Углерод был признан химическим элементом в 1789 г. Лавуазье. Латинское название Carboneum углерод получил от лат. *carbo* — «уголь» [510, 511].

Среднее содержание углерода в земной коре — $2,3 \times 10^{-2}\%$ по массе. Углерод накапливается в верхней части земной коры (биосфере): в живом веществе — 18% углерода, древесине — 50%, каменном угле — 80%, нефти — 85%, антраците — 96%. Значительная часть углерода литосферы сосредоточена в известняках и доломитах [510].

Все без исключения живые организмы построены из соединений углерода. Особенностью атомов углерода является их способность соединяться между собой, образуя сколь угодно длинные цепи, которые

могут быть и разветвленными, содержащими миллионы и миллиарды атомов углерода, соединенных с атомами других элементов (самые из известных молекул — это молекулы белков, содержащих до миллиарда углеродных звеньев). Их длина может даже достигать одного метра!

Углерод — важнейший биогенный элемент, составляющий основу жизни на Земле, структурная единица огромного числа органических соединений, участвующих в построении организмов и обеспечении их жизнедеятельности (биополимеры, а также многочисленные низкомолекулярные биологически активные вещества — витамины, гормоны, медиаторы и др.). Значительная часть необходимой организмам энергии образуется в клетках за счет окисления углерода. Возникновение жизни на Земле рассматривается в современной науке как сложный процесс эволюции углеродистых соединений [512].

Углерод — это базовый биоэлемент. Все вещества, в молекулах которых имеется хотя бы один атом углерода, по определению считаются органическими (исключение составляют только карбиды, угольная кислота, оксиды углерода, цианиды и тиоцианаты).

Углерод уникален тем, что имеет все восемь степеней окисления (от 4 до -4). Правда, имеются другие химические элементы с таким же свойством, например, кремний, но на их основе вряд ли могла зародиться жизнь в привычном для нас понимании, поскольку тот же кремний намного тяжелее углерода: оксид углерода при нормальных условиях — довольно легкий газ (немного тяжелее воздуха), оксид кремния — твердое вещество (кварц — почти 100% оксид кремния). Более тяжелые аналоги (германий, олово и свинец) вообще не имеет смысла рассматривать в данном аспекте.

Значение углерода определяется тем, что свыше 90% всех первичных источников потребляемой в мире энергии приходится на органическое топливо, главенствующая роль которого сохранится и на ближайшие десятилетия, несмотря на интенсивное развитие ядерной энергетики. Только около 10% добываемого топлива используется в качестве сырья для основного органического и нефтехимического синтеза, для получения пластических масс и др. [510].

Биологическая роль углерода

В организме животных и человека на углерод приходится около 21% по массе. У человека массой 70 кг содержится около 15 кг углерода. В 1 л крови человека содержится 25 000 мг углерода, а в 1 кг костной ткани — 280 000 мг [91].

Как и другие элементы-органогены, углерод в виде отдельного элемента не обладает биологическим значением — биологическую роль исполняют его соединения.

- Из различных соединений углерода (белки, жиры, углеводы, нуклеотиды, гормоны, аминок- и карбоновые кислоты и др.) состоят все ткани организма.
- Является структурным компонентом всех органических соединений.
- Его соединения участвуют во всех биохимических процессах.
- При окислении соединений углерода образуется необходимая для организма энергия.
- Оксид углерода CO_2 , образующийся в результате окисления соединений углерода, стимулирует дыхательный центр, регулирует значение pH крови [509].

Пищевые источники углерода

Углерод находится во всех пищевых продуктах в виде соответствующих органических соединений. Человеческий организм неспособен усваивать неорганические соединения углерода. В организм человека углерод попадает с пищей (приблизительно 300 г/сут) и углекислым газом, содержащимся в воздухе (в среднем 3,7 г/сут) [511].

Дефицит углерода

Не наблюдается.

Избыток углерода

Не наблюдается.

Возможны отравления токсичными соединениями, такими как оксид углерода, четыреххлористый углерод, сероуглерод, соли цианистой кислоты, бензол и др. Помимо стабильных изотопов углерода, в природе распространен радиоактивный ^{14}C (в организме человека его содержится около 0,1 мккюри). С использованием изотопов углерода в биологических и медицинских исследованиях связаны многие крупные достижения в изучении обмена веществ и круговорота углерода в природе. Так, с помощью радиоуглеродной метки была доказана возможность фиксации $\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$ растениями и тканями животных, установлена последовательность реакций фотосинтеза, изучен обмен аминокислот, прослежены пути биосинтеза многих биологически активных соединений и т.д. Применение ^{14}C способствовало успехам молекулярной биологии в изучении механизмов биосинтеза белка и передачи наследственной

информации. Определение удельной активности ^{14}C в углеродсодержащих органических остатках позволяет судить об их возрасте, что используется в палеонтологии и археологии [512].

1.1.3. Водород

Водород (Hydrogenium) (H) — химический элемент, первый по атомному номеру в периодической системе Менделеева, атомная масса 1,0079. При обычных условиях водород — газ, не имеет цвета, запаха и вкуса [89].

Водород впервые в XVII в. выделен фламандским химиком Жаном Баптистом ван Гельмонтом (Jan Baptist van Helmont, 1580–1644). Изучен в конце XVIII в. английским физиком и химиком Генри Кавендишем (Henry Cavendish, 1731–1810). Название водорода происходит от греч. *hydro genes* — «порождающий воду». Водород образует с воздухом взрывоопасные смеси. Существуют три разновидности водорода: протий, дейтерий и тритий, различающиеся по числу нейтронов. Получают водород при электролизе воды, в качестве побочных продуктов при переработке нефти [90].

Водород вместе с азотом, кислородом и углеродом входит в группу так называемых элементов-органогенов. Именно из этих элементов в основном и состоит организм человека. Доля водорода в нем по массе достигает 10%, а по числу атомов — 50% (каждый второй атом в организме — водород). Водород — и самый распространенный элемент в нашей вселенной: его доля составляет около 75% по массе и 92% по числу атомов. В отличие от кислорода, существующего как в природе, так и в организме в свободном виде, водород почти полностью находится в виде его соединений (основное соединение водорода — вода) [88].

В промышленном масштабе водород стали получать в конце XIII в. для наполнения воздушных шаров. В настоящее время водород широко применяют в химической промышленности, главным образом для производства аммиака. Крупным потребителем водорода является также производство метилового и других спиртов, синтетического бензина и других продуктов, получаемых синтезом из водорода и оксида углерода (II). Водород применяют для гидрогенизации твердого и жидкого топлива, жиров и др., для синтеза HCl, для гидроочистки нефтепродуктов, в сварке и резке металлов кислородно-водородным пламенем (температура до 2800 °C) и в атомно-водородной сварке (до 4000 °C). Очень важное применение в атомной энергетике нашли изотопы водорода — дейтерий и тритий [89].