

УДК:616. 441 – 006.4: 546.15 : 614.2

Биогеохимия йода и зоб

О.Ф. Безруков

Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, Симферополь

Ключевые слова: йод, щитовидна железа, йодный дефицит

Одной из важнейших задач профилактической экологической медицины является исследование причин и патогенетически обоснованное предотвращение болезни, вызванных влиянием, как окружающей среды, так и природных факторов. Эндемические болезни постоянно возникают в ряде географических районов и представляют серьёзную проблему здравоохранения.

Зоб в Крыму – яркий пример зобной эндемии. В первую очередь это связано с недостатком йода в среде обитания.

В литосфере йод существует преимущественно в неминеральном виде. В.И. Вернадский ещё в 1954 [8,9] отмечал, что он принадлежит к числу элементов, подавляющее большинство атомов которых находится в состоянии – как особой формы нахождения элементов в природе. Однако отмечено образование первичных и вторичных ореолов над рудными телами многих типов месторождений [23], что способствовало развитию йодгеохимических методов поиска полезных ископаемых.

Йод – типичный рассеянный элемент земной коры [37], встречающийся во всех природных компонентах и не образующий

самостоятельных месторождений. Биогеохимический цикл йода в природе определяется особенностями его физико-химических свойств, обуславливающих активную воздушную и водную миграцию и участие его биохимических процессах жизнедеятельности организмов. Живые организмы концентрируют йод в значительных количествах и играют важную роль в трансформации его в природе. Определение наличие йода в воде и почвах позволяет провести картирование обширных площадей и выявить агрогеохимические, почвенные, биогеохимические и эндогенные ореолы йода с целью обнаружения с их помощью полезных ископаемых, а также получить важную информацию о биогеохимических провинциях с различным содержанием йода во внешней среде [12].

Рассматривая содержание йода в горных породах следует отметить, что концентрация йода в основных породах в 2-3 раза ниже, чем в кислых. Это связано с кислотным типом йода как химического элемента. Повышение щёлочности йода способствует ионизации йода и закреплению его в породах или почвах, а увеличение кислотности ведёт к обратному эффекту, т.е. усиливает подвиж-

ность элемента за счёт восстановления его до элементарного состояния и его потери. Таким образом, в основе дифференциации йода в извержённых породах лежат кислотно-основные свойства самого элемента и окружающей среды.

В осадочных породах количество йода значительно увеличивается за счёт большей адсорбционной поверхности составляющих их компонентов и поглощения ими йода из внешней среды, а также поступлением йода с органическим материалом. Наименьшим содержанием йода характеризуются песчаные породы и известняки, которые на 95-99% состоят из кремнезёма и углекислого кальция и обеднены другими элементами. Глинистые и суглинистые породы в связи со значительным содержанием органического вещества и вторичных глинистых материалов обладают большей ёмкостью поглощения и поэтому содержат больше йода.

В осадочных отложениях морей и океанов происходит «захоронение» йода на многие десятки миллионов лет. В результате отступления океана морские осадочные отложения могут быть выведены на земную поверхность. В процессе постоянного промывания оса-

дочных пород и выщелачивания поверхностными и грунтовыми водами, а также разложения и потеря органического вещества содержание йода в них уменьшается.

Содержание йода в природных зонах определяется высокой растворимостью большинства его соединений и гидрохимическими условиями, благоприятными для водной миграции элемента.

Уровень йода в воде является причиной зобной эндемии: до 2 мкг/л – высокой степени, 2-3 мкг/л – средней и 3-4 мкг/л – высокой степени эндемии [3].

Важную роль в накоплении и миграции химических элементов в водах играют щелочно-кислотные условия, которые характеризуются концентрацией ионов H^+ и OH^- . В кислой среде происходит восстановление йода до молекулярного состояния и улетучивание его из водных растворов. Кислые воды способствуют промыванию горных пород и почв, выщелачиванию их них йода и выносу их за пределы данного региона. Слабокислые воды характерны для поверхностей континентов, обуславливая дефицит этого элемента для живых организмов.

На содержание йода влияет минерализация воды. Так пресные воды характеризуются низким содержанием йода. Повышенное содержание в солёных водах ионов K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} способствуют удержанию йода в растворе. Присутствие в морской воде ионов марганца и железа, интенсивная инсоляция, особенно ультрафиолетовая радиация, способствуют окислению йодистых соединений и потере свободного йода из поверхностных слоёв в атмосферу. Концентрация йода в морских водах повышается с увеличением глубины, достигая максимума в донных иловых отложениях.

Атмосферные осадки морского происхождения – один из важнейших источников йода на континент. Однако в глубине континента содержание йода в дождевой

воде в 7 раз меньше, чем на морском побережье.

Отмечено повышенное накопление йода в глубинных подземных водах до концентраций, обеспечивающих промышленное получение этого элемента. Следует считать перспективным изучение вопроса применения йодных подземных вод для орошения сельскохозяйственных культур с целью обогащения их этим элементом [12].

Одним из ведущих факторов, определяющим концентрацию йода в почвах, – наличие в ней органического вещества. Для всех видов почв характерна общая зависимость: чем больше в почве гумуса, тем выше в ней содержание йода [27]. Реакция среды почвенного раствора определяет степени подвижности, а вместе с этим и уровень накопления йода в почвах. В кислых подзолистых почвах отмечается самое низкое содержание йода, т.к. в них создаются условия для вымывания и улетучивания его. Щелочные почвы обладают свойствами переводить ионы йода в связанное состояние и накапливать его в больших количествах, образуя в некоторых случаях геохимические аномалии. Резко щелочные условия среды, обилие легко растворимых солей в почвах и залегающих под ними грунтовых водах, преобладание испарения над выпадением осадков в летнее время являются причиной формирования интенсивных геохимических аномалий содержания йода в солончаковых водах.

Распределение йода в почвах ландшафтно-геохимического профиля определяется главным образом высокой растворимостью и миграционной активностью йодистых солей, условиями увлажнения и pH среды [24].

Под влиянием длительного орошения происходит значительное обеднение почвы йодом. В наиболее активном корнеобитаемом слое (90-50 см) почвы содержание йода в варианте «орошаемая 40

лет» снижается в 1,7 раза, а в варианте «орошаемая 80 лет» – в 2 раза. Наиболее резкое снижение содержания йода – в 2,89-4,6 раза наблюдается в почвообразующей породе, где не проявляется влияние биогенного фактора и нет илистой фракции, способствующей удержанию и закреплению элемента. В результате регулярного промачивания йод подвергается активной абиогенной миграции из почвообразующей породы: происходит выщелачивание йодистых соединений за пределы почвенного профиля. Действия биогенного фактора имеет, очевидно, меньшее значение, т.к. вынос йода урожаем фитомассы, по сравнению с запасами этого элемента в почве, представляет незначительную величину.

Почвы – важное звено в биогеохимической пищевой цепи атмосфера-почва-растение-животное-человек, поэтому определение в них йода и обеспечение им растений представляет значительный интерес. В результате обобщения материалов по содержанию йода в почвах и сопоставления их с реакцией живых организмов, выражающейся в зобной болезни, В.В. Ковальский [15] приводит следующие пороговые концентрации валового йода в почвах (мг/кг: 5 – недостаточно, 5-40 – нормально, 40 – избыточно).

Йод в почвах находится в органической и минеральной формах в газообразной, жидкой и твёрдой фазах. Практически весь йод в почвах связан с органическим веществом, с которым он образует прочные комплексные соединения. Минеральная форма йода в почвах представлена йодатами и йодидами [31], которые адсорбированы на минеральных фракциях почвы.

В связи с многообразием свойств объектов-носителей йода одна из закономерностей нахождения его в природе – неравномерность распределения. Это имеет исключительно важное значение для живых организмов, обу-

словливая их нормальное функционирование или же нарушение обмена веществ в йодных биогеохимических провинциях с низкой концентрацией йода, что находит выход в практику здравоохранения и сельского хозяйства. Распространение эндемического зоба находится в причинной связи с низким содержанием йода в почве и местных пищевых продуктов [22].

Поступление йода в живые организмы определяется факторами его миграции. К внутренним относятся высокая химическая активность йода, способность к образованию летучих газообразных форм, кислотный характер и способность к переменной валентности. К внешним факторам, влияющим на поведение йода в природе, относятся условия его миграции:

- ✓ Т.к. океаны и моря являются основным источником поступления йода, то территории, расположенные в глубине континентов беднее йодом, чем находящиеся вблизи побережья.
- ✓ В равнинных местах содержание йода выше, чем в возвышенных местах. В горных районах природные объекты обеднены йодом, даже если они находятся вблизи побережий. Сравнивая различные группы населения, отмечается более частое возникновение зоба у лиц, проживающих в горных районах [25].
- ✓ Важную роль играет кислотно-щелочной состав пород, воды и почв. Кислотность усиливает активность йода и способствует его выносу.
- ✓ Гумус и живые организмы оказывают существенное воздействие на перераспределение йода в биосфере.
- ✓ В значительных количествах йод концентрируется в морских организмах.
- ✓ Высокое содержание солей в почвах и водах способствует накоплению йода в этих провинциях.

Хозяйственная деятельность че-

ловека приводит к резкому изменению биогеохимического цикла йода в биосфере. С одной стороны, происходит увеличение освождения значительных количеств йода (йодная промышленность, сжигание ископаемого топлива). С другой, увеличивается вынос йода за счёт сокращения площадей лесов, усиления эрозийных процессов, снижения органических веществ в почвах.

Всё это не может не сказываться на живых организмах. Ещё в 1849 г. французский врач Прево впервые высказал мысль о возможной зависимости между заболеванием человека зобом и недостатком йода. Йод составляет в организме до 0,00002% веса тела [19].

В настоящее время установлена структурная формула тиреоидных гормонов, в которых йод играет специфическую роль. Выделены 4 йодсодержащих органических соединения, связанных с белком: моно-, ди-, три- и тетраiodтиронин, из которых два последних обладают гормональной активностью. Весь тетраiodтиронин (тироксин) продуцируется щитовидной железой. Распад йодсодержащих гормонов осуществляется в печени и почках. Освободившийся йод может быть вновь включаться в обмен.

Практически все жизненные функции зависят от тиреоидных гормонов. Атомы йода выполняют донорно-акцепторную функцию переноса электронов, благодаря переходам атомов из положительной одновалентной формы в отрицательную одновалентную и обратно [20]. Это составляет фундаментальную основу биологического действия йода.

Функциональная роль тиреоидных гормонов сводится к регулированию скорости биохимических реакций во всех клетках органов и тканей. Это интенсивность обмена, теплообразование, рост и развитие организма, метаболические процессы (все виды обменов и транспорт метаболитов через клеточные

мембраны), обмен витаминов, кальция, водный и электролитный обмены [21].

Следовательно, адекватное поступление йода в организм является необходимым этапом физиологического синтеза и секреции тиреоидных гормонов [4]. Йод поступает в организм с пищевыми продуктами растительного и животного происхождения, и лишь небольшая его доля поступает с водой и воздухом. Потребление йода на протяжении жизни человека обычно не превышает 5 гр, а общее содержание его в организме составляет 15-20 мг, почти половина в щитовидной железе. В течение суток щитовидная железа поглощает примерно 60 мкг йодида для поддержания продукции тиреоидных гормонов [33]. Потребность в йоде зависит от возраста и физиологического состояния: во время беременности, возрастая в период полового созревания и во время беременности и лактации. В среднем взрослый человек должен получать 150 – 200 мкг йода в сутки.

Изучение проблемы йоддефицита в Восточной Европе показало, что в большинстве стран она не потеряла своего значения. Наиболее тяжёлый дефицит йода обнаружен в Болгарии (потребление йода 20-60 мкг/сут.), От умеренного до тяжёлого – в Румынии (40-130 мкг/сут.) и Польше (40-70 мкг/сут.), в восточной Германии (20-70 мкг/сут.) [5].

Если физиологическая потребность в йоде в данной популяции не удовлетворяется, развивается гипотиреоз, проявляющийся развитием зоба, задержкой умственного развития, возрастанием перинатальной и младенческой смертности, учащением врождённых аномалий. Всю группу этой патологии объединяет понятие «йоддефицитные заболевания» [2,10,14]. В условиях дефицита йода включаются адаптационные механизмы его экономии: усиливается поглощение йодида из крови, стимулируется синтез ТЗ, в ко-

тором ион I^- заменён на ион H^+ , т.е. уменьшается используемое количество атомов йода, ускоряется кругооборот йода в щитовидной железе [38], возникает гиперплазия ткани щитовидной железы [32].

В структуре йоддефицитных состояний ведущей патологией щитовидной железы является диффузный (эндемический зоб) зоб, который по данным Басова Ю.Н.[2] в Омском регионе составил 77,4% от всех заболеваний щитовидной железы. Т.е. дефицит йода – основной стромогенный фактор [6]. Развитие зоба наблюдается, когда содержание йода в моче оказывается ниже критического уровня 100 мкг/л [30]. Выявлена достоверная корреляция между распространённостью зоба и медианой содержания йода в моче ($r = -0,35$, $P = 0,025$) [7,28]. Если возникновение зоба носит массовый характер и встречается у 5% детей младшего школьного возраста, то такой зоб называется эндемическим [6]. В результате прекращения профилактических мероприятий в последние годы отмечается явная тенденция к увеличению йодного дефицита. В возрасте более 40 лет дефицит йода реже является причиной возникновения зоба – здесь играют роль иные факторы [17].

Медико-социальное и экономическое значение йодного дефицита состоит в существенной потере интеллектуального, образовательного и профессионального потенциала нации [6].

В диагностике йоддефицитных состояний выделяют 2 аспекта [5, 29,30]:

- ✓ Оценку эпидемиологии йоддефицитных заболеваний в стране в целом и её отдельных регионах с целью планирования профилактических и лечебных мероприятий и оценки их эффективности [16].
 - ✓ Выявление клинических признаков йоддефицита у конкретного пациента.
- Подобно дефициту йода, его

избыточное поступление в организм с пищей или в виде лекарственных препаратов может привести к усиленной пролиферации тиреоидного эпителия и формированию зоба, возникает т.н. «йодиндуцированный зоб». Однако чаще щитовидная железа обладает собственным регуляторным механизмом, обеспечивающим её стабильную функцию в условиях поступления в организм различных количеств йода – от 50 мкг до нескольких мг в день. Здесь, видимо играет роль ауторегуляторный процесс в самой щитовидной железе, независимо от тиреотропного гормона [34]. Избыточное потребление йода снижает не только синтез, но и секрецию T4 и T3 щитовидной железой, подавляют биоэнергетические процессы в ней [18], хотя эти изменения не выходят за пределы нормальных колебаний. Слабые изменения функции щитовидной железы всё же сопровождаются увеличением её объёма установленного с помощью УЗИ, и снижением кровотока в ней, что регистрируется с помощью цветной доплерографии [35,37].

Основной путь коррекции нарушенного обмена веществ при йодной недостаточности – применение минеральных препаратов йода [1,5,11,13,14]. Однако они, вследствие низкой активности йода в неорганических солях и значительных потерь при их хранении, не имеют высокой эффективности. Более перспективным способом лечения и профилактики йодной недостаточности в современных условиях следует признать биологический способ, т.е. повышение содержания элемента в растительной пище и кормах животных [12]. Говоря о йодном балансе, следует ориентироваться на содержание йода в растительных продуктах и обязательно местного происхождения [26]. Так большая часть йода в продуктах питания является минерализованной и почти полностью выводится из организма. Органиче-

ски связанные формы йода, являющиеся высокомолекулярными веществами, усваиваются лучше, угнетая рост зоба [26,36].

Выводы

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что медицинская общественность в достаточной мере осведомлена о проблеме йоддефицита и способах его ликвидации. Однако на практике чёткий и универсальный алгоритм действий во многих случаях отсутствует. Таким образом, одна из важнейших задач – воплощение в практику всеобщего здравоохранения всю сумму научных и теоретических знаний [5].

Литература:

1. Анциферов М.Б., Свириденко Н.Ю., Филатов Н.Н. Организация основных мероприятий по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом йода. //Клиническая тиреодология. – 2004. – Т.2, №2. – с. 43-49.
2. Басов Ю.Н., Эпидемиологическая и гигиеническая характеристика йоддефицитных состояний на территории Омского региона. Автореф. дис. ... канд. Мед. наук. – Омск. – 2003. – 19 с.
3. Боднар П.М. Пододефіцитні розлади – актуальна медико-соціальна проблема. //Лікарська справа. – 2001.- №3. – с. 8-10.
4. Велданова М.В. Роль некоторых стромогенных факторов внешней среды в возникновении зобной эндемии. //Микроэлементы в медицине. – 2000. - №1. – С.17-25.
5. Велданова М.В., Эпидемиология и мониторинг йоддефицитных заболеваний.// Медицинский научный и учебно-методический журнал. – 2001-а. - №1. – С. 163-171.
6. Велданова М.В. Дефицит йода у человека. //Микроэлементы в медицине. – 2001-б. - №2. – С. 6-10.
7. Велданова М.В. Теория и практика в решении вопроса йоддефицита.
8. // Медицинский научный и учебно-методический журнал. – 2001-в. - №1. – С. 171-181.
9. Вернадский В.И. Геохимия йода и брома. //Избранные соч. – М. – 1954. – Т.1. – С. 45-47.
10. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. / Соколов Б.С. М.:Наука. – 1989. –258 с.
11. Дунаева Д.Д. Пододефіцитні захворювання, методи їх лікування і профілактики. //Крымский терапевтический журнал. – 2004. - №1. – С. 81-84.
12. Зак В.И., Олифсон А.Е., Михайлова А.Ф. Подиол – нове средство йодифікації поваренної солі //Вопросы питания. – 1968. - №2. – С. 71-74.

13. Кашин В.К. Биогеохимия, фитофизиология и агрохимия йода. – А.: Наука. – 1987. – 243 с.
14. Касаткина Э.П., Шилин Д.Е., Пбрагимова Г.В., Пыков М.П., Рюмин Г.А., Рябых А.В., Федотов В.П., Белослудцева Т.М. Анализ современных рекомендаций и критериев Всемирной Организации Здравоохранения по оценке йоддефицитных состояний. // Клиническая эндокринология. – 1997. – Т.43, №4 - С. 3-6.
15. Касаткина Э.П., Шилин Ж.Е., Петрова А.М. и др. Йодное обеспечение детского населения на юге центрально-чернозёмного региона России. // Проблемы эндокринологии. – 1999. – Т. 45, №1. – С.29-34.
16. Ковальский В.В., Раецкая Ю.П., Грачёва Т.П. Микроэлементы в растениях и кормах. М., - 1971. – 233 с.
17. Конюхов В.А. Методические подходы к гигиенической оценке риска йодного дефицита // Гигиена и санитария. – 2002. - №1. – С. 71-73.
18. Крехов В.Д., Поспелов В.С., Кузнецова Н.П., Быховцев А.Н. Роль дефицита йода в патогенезе зоба в экологических условиях города Омска. // Современные диагностические технологии на службе здравоохранения. – Омск. – 1998. – С. 253.
19. Лиуконен А.А. Роль отдельных экзогенных факторов в биоэнергетике щитовидной железы // Системы адаптации человека и внешняя среда. – А. – 1975. – С. 100-101.
20. Москалёв Ю.П., Василенко П.Я. О радиационной опасности J^{129} . // Санитария и гигиена. – 1975. - №2. С.80-83.
21. Мохнач В.О. Теоретические основы биологического действия галогидных соединений. А.:Наука. – 1968. – 298 с.
22. Мохнач В.О. Йод и проблемы жизни. Теория биологической активности йода и практического применения с соединений йода в высокополимерах. А.:Наука. – 1974. – 254 с.
23. Патент Р.А. Содержание растворимых форм йода в почвах некоторых районов БССР. // Вопросы питания, - 1064. - №1. – С. 51-57.
24. Сафронов Основа геохимических методов поиска рудных месторождений. А.- 1971. -216 с.
25. Строкатая В.П. Содержание йода в природных водах и корреляция его с уровнем зобной эндемии. // Гигиенические вопросы водоснабжения населённых мест. – Кишинёв.: Картия молдовеняскэ. – 1966. – 1966. – 160 с.
26. Соколов Д.К. Сравнительная характеристика заболеваний щитовидной железы у отдельных групп населения. // Вопросы профилактики и лечения заболеваний щитовидной железы. – Челябинск. - 1969. – С. 36-39.
27. Туев А.А., Опалева Е.Н., Голевинская Н.В. Йод в питьевых водах и растительных продуктах некоторых населённых пунктов Челябинской области. // Вопросы профилактики и лечения заболеваний щитовидной железы. – Челябинск.- 1969. – С.56-58.
28. Юнусова А.Н., Ситдииков П.Б. Содержание йода в почвах и распространённость эндемического зоба. // Казанский медицинский журнал. – 1969. - №1. – С. 79-82.
29. Ashiana K., Shibada Y., Yamashita S. Et al. Prevalence of goiter and urinary iodine excretion levels in children around Chernobyl. // J. Clin. Endocrinol. Vetab. – 1997. – Vol. 82, Nj 10. – P. 3430-3433.
30. DeGroot L.J. «Decision Tree» Analysis of Common Thyroid Problems // Thyroid International. Hennemann G., Krenning E.P. (eds.). Darmstaadt, Germany. - 1994.
31. Delange F., Benker G., Carjn., et al. Tireoid volume and urinari iodini in Europas schoolchildren: standarrdisazion of values for assessment of iodini deficiente // Eur. J Endocrinol. -1997. - Vol. 136, №2. – P. 180-187.
32. Fleming G.A. Essential micronutriente.2. Jodi and Selenium. // Applied soil. Traca elements. Chichester etc. – 1980. – P. 199-234.
33. Hernus A.D., Hysmaus D.A. Treatment of benign nodular thyraid.// N. Engl. I. Med. – 1998.- Vol. 338, №20. – P. 1438-1445.
34. Langer P. Inreased iodine intake and autoimmune thyroiditi: exclamation and guestion marks, facts and myths // The Thyroid Gland. – 1996. -№1. – P. 26-30.
35. LeMark H.J., Georgidis W.J., McDermott M.T. Thiroid adaptation to chronic tetraglycini hidroperiodide water purificacion tablet use //J. Clin. Endocrinol. Metab. – 1995. – Vol. 80, № 1. – P. 220-223.
36. Namba H., Yamashita S., Kimura H., en al. Evidence of thiroid volume increase in normal subjectus receiving excess iodide // j. Clin. Endocrinol. Vitab. – 1993. - Vol. 76, № 1. – P. 605-608.
37. Rickardt C. Renate Neue Aspekte in der Pathogenese von Schilddrusenerkrankungen // Klin. Lab. – 1992. – Vol. 38, №2. – P. 43-46.
38. Roti E., Braverman L.E. Iodine-induced thyroide disease // E.Braverman (ed.) Diseases of the thyroide. Njnjava, New Jersey: Humana Press. – 1997. – P. 369-384.
39. Schlinger J.L., Goichot B., Grunenberger F. Iodine and thiroid function //Rev. Med. Interne. – 1997. – Vol. 18, №9. – P. 709-716.

Біогеохімія йоду і зоб (огляд).

Безруков О.Ф.

Виникнення патології щитовидної залози в першу чергу обумовлено дефіцитом йоду в навколишньому середовищі. Вміст йоду в природних зонах визначається високою розчинністю більшої його з'єднань і гідрохімічeskими умовами, сприятливими для водної міграції елемента. Медико-соціалне і економічне значення йодного дефіциту полягає в істотній втраті інтелектуального, освітнього і професійного рівня населення. Розглянуте питання профілактики йоддефіцита.

Biogehimiya of iodine and goitre (review).

Bezrukov O.F.

The origin of pathology of thyroid above all things is conditioned by the deficit of iodine in environment. The table of contents of iodine in the natural areas is determined by the high solubility of its most halving and gidrohimicheskimi terms friendly to the water migration of element. The mediko-sotsialnoe and economic value of iodine deficit consists of substantial loss of intellectual, educational and professional level of population. The questions of prophylaxis of yoddefitsita are considered.