

УДК 631.41 +631.82

## Дефицит йода в пищевых цепях Горного Алтая и его последствия

М. А. МАЛЬГИН

Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН,  
ул. Папанинцев, 105, Барнаул 656099 (Россия)

(Поступила 03.04.2001; после доработки 27.04.2001)

### Аннотация

Исследован йод в цепи почвообразующие породы – почвы – растения – животные – человек. Выявлен дефицит этого элемента в почвах большей части территории Алтайской горной страны, что отражено на схематической карте. Обнаружено низкое содержание йода в местных кормах (пастбищных и заготавливаемых на зиму). С помощью трех диагностических критериев – абсолютной и относительной массы щитовидной железы и содержания йода в ней – выявлена йодная недостаточность и пораженность животных эндемическим зобом. Заболеваемость людей эндемическим зобом за полувековой период претерпевала изменения: улучшение социальных условий и проведение систематических профилактических мер обеспечили снижение пораженности с 72 % в 1946 г. до 19 % – в 1982. Ухудшение условий жизни и прекращение профилактики привели к резкому подъему заболеваемости (к 2000 г. она достигла 46 % от числа обследованных).

### ВВЕДЕНИЕ

Йод – один из химических элементов, относящихся к группе незаменимых для животных и человека. Он входит в состав тироксина – гормона щитовидной железы, регулирующего важнейшие обменные процессы в организме. Известно, что тироксин содержит 65 % йода, и гормонообразование без йода происходить не может. Недостаток тироксина в организме приводит к глубоким функциональным расстройствам: замедлению окислительно-восстановительных процессов, ослаблению обмена азотистых соединений и углеводов, задержке воды и хлоридов, уменьшению Са и Р в крови, а в итоге – к стойкому увеличению щитовидной железы и развитию зоба.

Считается, что основным поставщиком йода в круговорот его в природе являются воздушные массы, сформировавшиеся над океаном. Дефицит йода в объектах окружающей среды (почвах, растениях, природных водах) и его последствия проявляются чаще всего в странах, удаленных от океанов и морей. Исходя из этого можно было предположить,

что районы Центральной Азии, к которым относится и Алтайская горная страна, бедны йодом. Следовательно, и животные, и люди повсеместно испытывают недостаток этого галогена. На обзорной карте, составленной А. П. Виноградовым [1], Алтай отнесен к дефицитным по йоду регионам, хотя прямых доказательств к тому времени не было.

В этой связи в задачи выполненной работы входили: исследование уровня содержания и характера распределения йода в основных компонентах окружающей среды (горных и почвообразующих породах, почвах, растениях, местных кормах); оценка сложившейся в Алтайской горной стране ситуации по этим критериям с экологических и гигиенических позиций; выяснение степени пораженности животных и людей, связанной с дефицитом йода.

С учетом условий региона и химической природы йода было выдвинуто предположение о том, что дефицит этого элемента в объектах окружающей среды горной страны выражен не везде, и заболеваемость животных и человека от недостатка йода в организме про-

является не повсеместно. В результате проведенных комплексных исследований предположение подтвердилось, что в обобщенном виде будет показано в настоящей публикации.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовано все многообразие почв горной страны. Полевые работы состояли из маршрутных обследований с закладкой почвенных разрезов в системе геоморфологических профилей. При необходимости кроме полнопрофильных разрезов закладывали прикопки. Образцы отбирали по генетическим горизонтам, как принято в почвоведении. В местах разрезов собирали надземную массу растений-доминантов, разбирая на систематические группы и отдельные органы. На сенокосах и пастбищах делали пробные укусы.

Изучение влияния йодсодержащих удобрений на накопление элемента в травяной массе проводили на разнотравном естественном сенокосе и сеяных злаковых травах. Площадь делянки – 300 м<sup>2</sup>, повторность 3–4-кратная. Удобрения вносили в почву весной до начала вегетации (первый вариант), а также в период вегетации путем опрыскивания растений раствором KI (второй вариант). Пробы почв и растений отбирали в тканевые мешочки, высушивали под навесом без доступа прямых солнечных лучей, упаковывали в полиэтиленовые пакеты. Перед анализом пробы почв истирали в агатовой ступке, растения измельчали ножницами из титана. Йод в почвах и растениях определяли кинетическим роданидно-нитритным методом по прописи Г. Ф. Проскураковой и О. Н. Никитиной [2].

Для выяснения вопроса о наличии (или отсутствии) зобной болезни у животных были использованы три критерия: абсолютная и относительная масса щитовидной железы и содержание йода в ней. Объектом исследования служили овцы. Их выбор обусловлен следующими соображениями: 1) овцы наиболее чувствительны к струмогенным факторам; 2) овцеводство на Алтае широко распространено, являясь основной отраслью сельского хозяйства; 3) профилактическое йодирование овец на Алтае не проводилось и не проводится; 4) овцы, почти не получая дополнитель-

ного корма из других регионов, испытывают влияние геохимических особенностей лишь данной местности и, следовательно, более точно ее характеризуют.

Щитовидную железу отбирали в ранневесенний (март–апрель), осенний и зимний периоды у овец, забитых непосредственно в хозяйствах, и у павших животных. На мясокомбинатах материал отбирали только у тех овец, которые были доставлены автотранспортом, а не перегоном, что могло бы “стереть” истинную картину характеризующей местности. Каждое животное взвешивали, щитовидную железу извлекали вместе с большим куском трахеи и мышц, упаковывали в полиэтиленовую пленку и помещали в холодильник. В тот же день в лабораторных условиях ее тщательно препарировали и взвешивали с точностью до сотых долей грамма. Дальнейшую подготовку материала к определению в нем йода рентгенофлуоресцентным методом выполняли по методическим разработкам В. Е. Зайчика, суть которых сводится к следующему: пользуясь специально изготовленным инструментом (пинцеты, скальпели, ножницы) из титана, железистую ткань освобождали от капсулы, разрезали на мелкие кусочки, помещали в специальные полиэтиленовые ампулы. Далее пробу высушивали в вакууме в жидком азоте с помощью абсорбционно-криогенного лиофилизатора [3], истирали до пудры в агатовой ступке и готовили таблетку для анализа. Измерение концентрации йода выполнено на установке ТА-512 в Институте медицинской радиологии АМН (г. Обнинск) по методике, разработанной В. Е. Зайчиком. Отобраны и проанализированы щитовидные железы 560 животных.

Определение степени выраженности зоба у людей проведено медиками из Горно-Алтайского эндокринологического диспансера путем обследования щитовидной железы. Ее увеличение классифицировали по общепринятой шкале, которая различает пять степеней (I–V). Все полученные материалы подвергнуты статистической обработке.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим каждый компонент системы почва – растение – животное – человек, чтобы воссоздать целостную картину по пробле-

ме йод – зоб, сложившуюся в Алтайской горной стране.

#### *Йод в почвообразующих породах и почвах*

Принято считать, что родоначальниками рыхлых почвообразующих отложений являются плотные горные породы. В глобальном масштабе этот тезис неоспорим, однако для локальных участков суши данное правило не всегда выдерживается. Рыхлый материал, выступающий в качестве почвообразующих пород, может быть наследован от прошлых геологических эпох, привнесен в результате широкомасштабных эоловых процессов в более позднее время или перемещен древними и современными водными потоками. Поэтому химический состав почвообразующих пород локальных территорий не всегда соответствует таковому современных горных пород, выступающих на поверхность. Тем не менее автором было исследовано содержание йода в наиболее распространенных горных породах Алтая (гранитах, диоритах, известняках, мраморах, хлоритовых сланцах, алевролитах, песчаниках). Исследования показали, что уровень его невысок – от следовых количеств до 0.36 мг/кг [4]. Максимальная концентрация обнаружена в алевролитах и песчаниках, минимальная – в гранитах. Сравнивая наши данные с подобными показателями других исследователей [5, 6], можно констатировать, что они одного порядка.

При выветривании дериваты горных пород обогащаются йодом за счет привноса его из атмосферы, поэтому почвообразующие породы, как правило, богаче йодом. Последние на исследованной территории не одинаковы по происхождению, различаются по гранулометрическому, минералогическому и хими-

ческому составу и, естественно, в разной степени насыщены йодом (табл. 1).

Максимальное содержание микроэлемента обнаружено в лессовидных карбонатных суглинках, минимальное – в песчано-галечниковом аллювии. Промежуточное положение занимают бескарбонатные бурые глины и элювио-делювий коренных пород. Коэффициенты варьирования содержания йода внутри отдельных групп почвообразующих пород невелики, особенно в глинах и лессовидных суглинках. Сильное варьирование концентрации йода обнаружено в элювии, элювио-делювии, элювио-делювио-пролювии коренных пород. Связано это не столько с типом коренной породы, сколько с дисперсностью образовавшегося из нее рыхлого материала. Следует особо отметить, что в мелкозем, содержащем карбонаты, как правило, йода в несколько раз больше, чем в некарбонатном.

Почвы в основном наследуют уровень содержания йода в почвообразующей породе. Вместе с тем он во многом зависит от свойств самих почв: гумусированности, карбонатности, гранулометрического состава, реакции среды и т. д. Невысокое содержание гумуса, легкий гранулометрический состав, кислая реакция среды, хорошая увлажненность, свойственные многим почвам Алтая, не благоприятствуют аккумуляции йода. Зная пространственное распределение почв и их свойства, можно было предположить, что наиболее бедными йодом окажутся почвы Северо-Восточного Алтая, в которых преобладает промывной тип водного режима. Другой район с возможной йодной недостаточностью – высокогорный пояс с горно-тундровыми и горно-луговыми кислыми почвами под альпийскими и субальпийскими лугами.

ТАБЛИЦА 1

Йод в почвообразующих породах, мг/кг

Порода	<i>n</i>	lim	$\bar{X} \pm \sigma$	<i>V</i> , %	<i>t</i>
Элювио-делювий коренных пород	39	Сл.–8.91	2.49±0.38	94	
Лессовидные карбонатные суглинки	19	2.23–6.00	3.63±0.22	27	2.66
Бескарбонатные бурые глины	11	1.73–2.92	2.25±0.32	14	5.63
Песчано-галечниковый аллювий	11	0.10–1.62	0.60±0.13	75	9.71

*Примечание.* Здесь и в табл. 2–6: *n* – число исследованных образцов, lim – пределы колебаний,  $\bar{X} \pm \sigma$  – среднее арифметическое и его ошибка, *V* – коэффициент варьирования, *t* – достоверность разности средних.

ТАБЛИЦА 2

Содержание йода в гумусовом ( $A_1$ ,  $A_{\text{нак}}$ ) горизонте почв

Почвы	n	Содержание йода, мг/кг		V, %
		lim	$\bar{x} \pm \#$	
Горно-тундровые	16	Сл.-3.29	1.37±0.19	57
Горно-луговые	11	0.8-4.28	2.69±0.38	47
Горно-лугово-степные	6	2.43-6.53	4.48±0.55	30
Горно-лесные бурые	14	1.10-3.18	2.04±0.14	27
Горно-лесные черноземовидные	19	3.40-6.80	4.44±0.22	22
Горные дерново-глубокоподзолистые	11	0.76-3.12	1.67±0.22	45
Горно-лесные серые	30	0.40-3.88	1.99±0.16	45
Черноземы оподзоленные и выщелоченные	14	3.08-5.48	4.45±0.14	12
Черноземы обыкновенные котловин и долин	56	1.26-4.88	3.41±0.14	23
Каштановые	34	Сл.-3.29	1.39±0.18	77
Черноземно-луговые и лугово-черноземные	11	5.24-8.84	7.56±0.36	16

Средневзвешенное содержание йода в почвах Алтая, по данным автора, невысокое – 2.4 мг/кг [7]. Однако из этого нельзя делать вывод о бедности микроэлементом всех почв горной страны. Данные, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о большом разнообразии содержания йода в различных почвах. Невысокий коэффициент варьирования содержания йода в почвах черноземного типа обусловлен их формированием на более однородных по гранулометрическому составу почвообразующих породах, мало различающихся по содержанию гумуса и pH среды. Напротив, широкое варьирование концентрации йода характерно для горно-тундровых, горно-луговых, горно-лесных серых и дерново-глубокоподзолистых почв. Это объясняется прежде всего различиями в происхождении почвообразующих пород, неоднородностью гранулометрического состава, большим разнообразием содержания гумуса, значений pH среды и другими факторами. Особенно сильно варьирует концентрация йода в каштановых почвах, в разной степени гумусированных и различающихся по содержанию карбонатов.

Как и следовало ожидать, более гумусированные почвы (почвы черноземного типа) содержат йода больше, чем другие. Существующая закономерность объясняется тем, что стабильные гумусовые вещества энергично сорбируют этот элемент. Распределяется йод по вертикальному профилю различных по

генезису почв неодинаково (рис. 1). При подзолообразовательном процессе максимум его приурочен к иллювиальному горизонту (за счет адсорбции минеральными коллоидами). Аккумуляция йода в гумусовом горизонте дерново-глубокоподзолистых и горно-лесных серых оподзоленных почв не выражена, что связано с общим низким содержанием гумуса, его фульватным составом и кислой реакцией среды. В профиле выщелоченных и оподзоленных черноземов чаще всего имеются два максимума накопления йода: один – в верхней части гумусового горизонта, второй, менее выраженный, – в надкарбонатном и в верхней части карбонатного горизонта. Первый максимум обусловлен высоким содержанием гумуса и преобладанием в нем гуматов, второй – нисходящей миграцией йода и закреплением его карбонатами. Характер распределения йода в профиле черноземов обыкновенных, развитых на лессовидных карбонатных суглинках, мало чем отличается от такового черноземов выщелоченных: наблюдается небольшая аккумуляция его в верхней части гумусового горизонта и в карбонатном суглинке. Если же эти черноземы развиты на песчано-галечниковом аллювии, то в мелкоземной аллювии йода мало (обычно следы). В каштановых почвах межгорных котловин максимум йода приурочен, как правило, к карбонатному горизонту. Из-за низкого содержания гумуса в этих почвах и маломощности гумусового горизонта даже небольшое

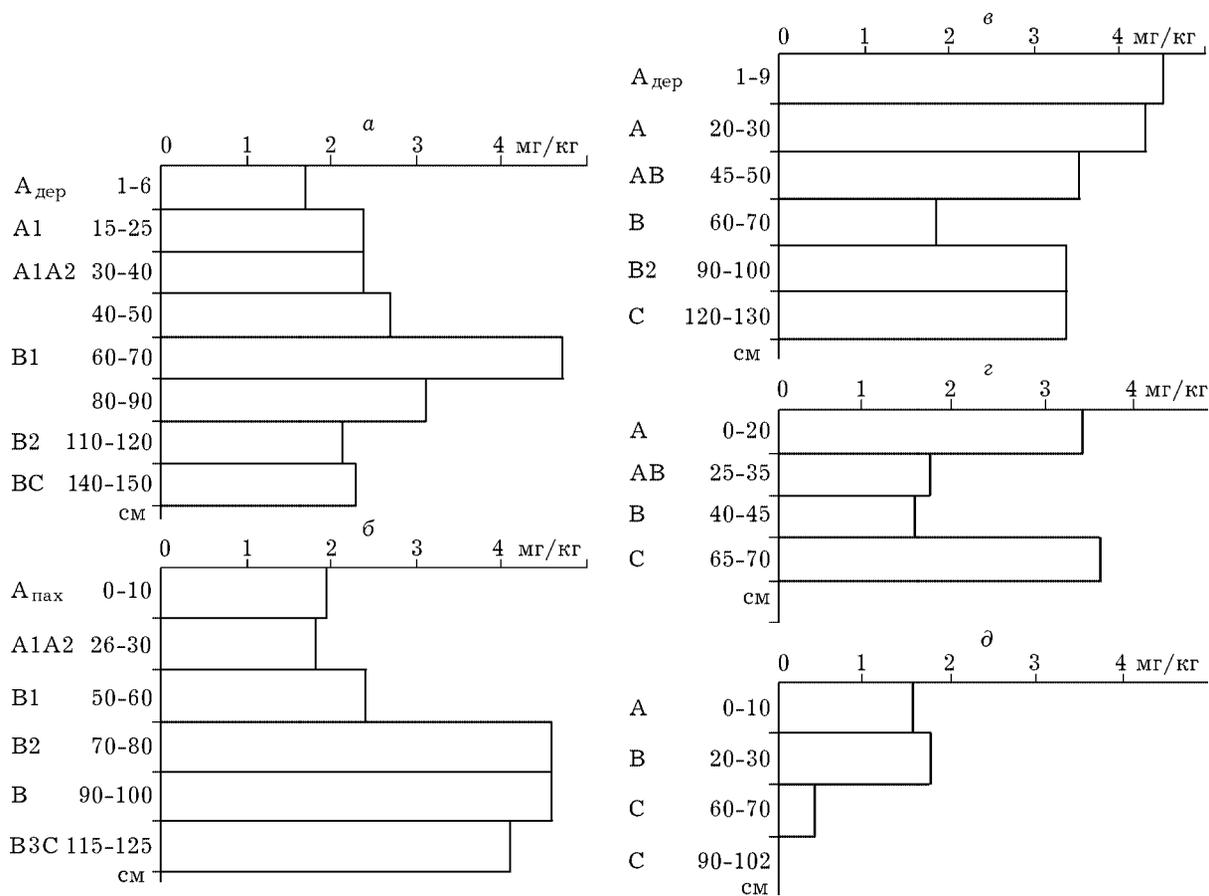


Рис. 1. Распределение йода по профилю почв: а – горно-лесная дерново-глубокоподзолистая на бескарбонатных бурых глинах; б – горно-лесная серая оподзоленная на бескарбонатных бурых глинах; в – чернозем оподзоленный среднемощный суглинистый на карбонатных тяжелосуглинистых отложениях; г – чернозем обыкновенный мало-мощный на аллювиальных карбонатных отложениях.

количество выпадающих здесь осадков способствует выщелачиванию йода за пределы гумусового горизонта и закреплению в карбонатном горизонте. В мелкоземе же подстилающей породы (песчано-галечниковый аллювий) чаще всего определяются лишь следы йода.

В почвах, богатых гумусом (черноземы оподзоленные и выщелоченные, горно-лесные черноземовидные и черноземно-луговые), коэффициент биогенной аккумуляции йода высок (до 1.5). В почвах же с малым содержанием гумуса, сильноокислых, с промывным типом водного режима (горно-лесных дерново-глубокоподзолистых) биогенной аккумуляции йода не происходит (коэффициент аккумуляции меньше единицы). В горно-тундровых, горно-луговых, каштановых почвах в зависимости от их гумусированности, гранулометрического состава, pH среды, наличия

карбонатов биогенная аккумуляция может быть четко выраженной или отсутствовать вовсе. Йод – активный не только воздушный, но и водный мигрант. В кислой почвенной среде он способен мигрировать вниз по профилю, что экспериментально доказано с использованием радиоактивного йода [8], а также с боковым внутрипочвенным стоком. Результат последнего наблюдался на специально заложенном профиле в Центральном Алтае [4]: концентрация йода вниз по склону – от почв горно-тундрового и горно-лесного поясов к каштановым почвам речной террасы – возрастала. Вместе с тем необходимо отметить, что не всегда в почвенном покрове склонов происходит столь заметное перераспределение микроэлемента. На склонах южной экспозиции в Центральном и Юго-Восточном Алтае, занятых степными и сухо-степными почвами, обычно уровень содержания йода от

вершин хребта к его подножию практически не изменяется.

Наиболее выражена миграция йода в почвах Северного и Северо-Восточного Алтая, где более влажный климат. Природная обстановка способствует миграции йода с внутрипочвенным боковым стоком с повышенных элементов рельефа в пониженные и далее в гидросеть. Вследствие интенсивного выноса йода во всех почвах Северо-Восточного Алтая (в верхней, средней и нижней частях склона) концентрация микроэлемента одинаково невысока.

На основе выявленных закономерностей распределения йода в почвах и почвенном покрове последние были сгруппированы по уров-

ням концентрации элемента и составлена схематическая карта (рис. 2) [7], на которой выделены 5 групп почв. Почвы первой группы (горно-тундровые и каштановые) занимают 27.5 % исследованной территории, второй (горные дерново-глубокоподзолистые, горно-лесные серые и горно-лесные бурые) – 40.3%; среднее содержание йода в них менее 2 мг/кг. Вследствие йодной недостаточности на этой территории (68 %) существует потенциальная опасность заболевания зобом людей и животных.

Лишь немногим лучше обстоят дела в межгорных котловинах и речных долинах с черноземными почвами, на высокогорных альпийских и субальпийских лугах с горно-луго-

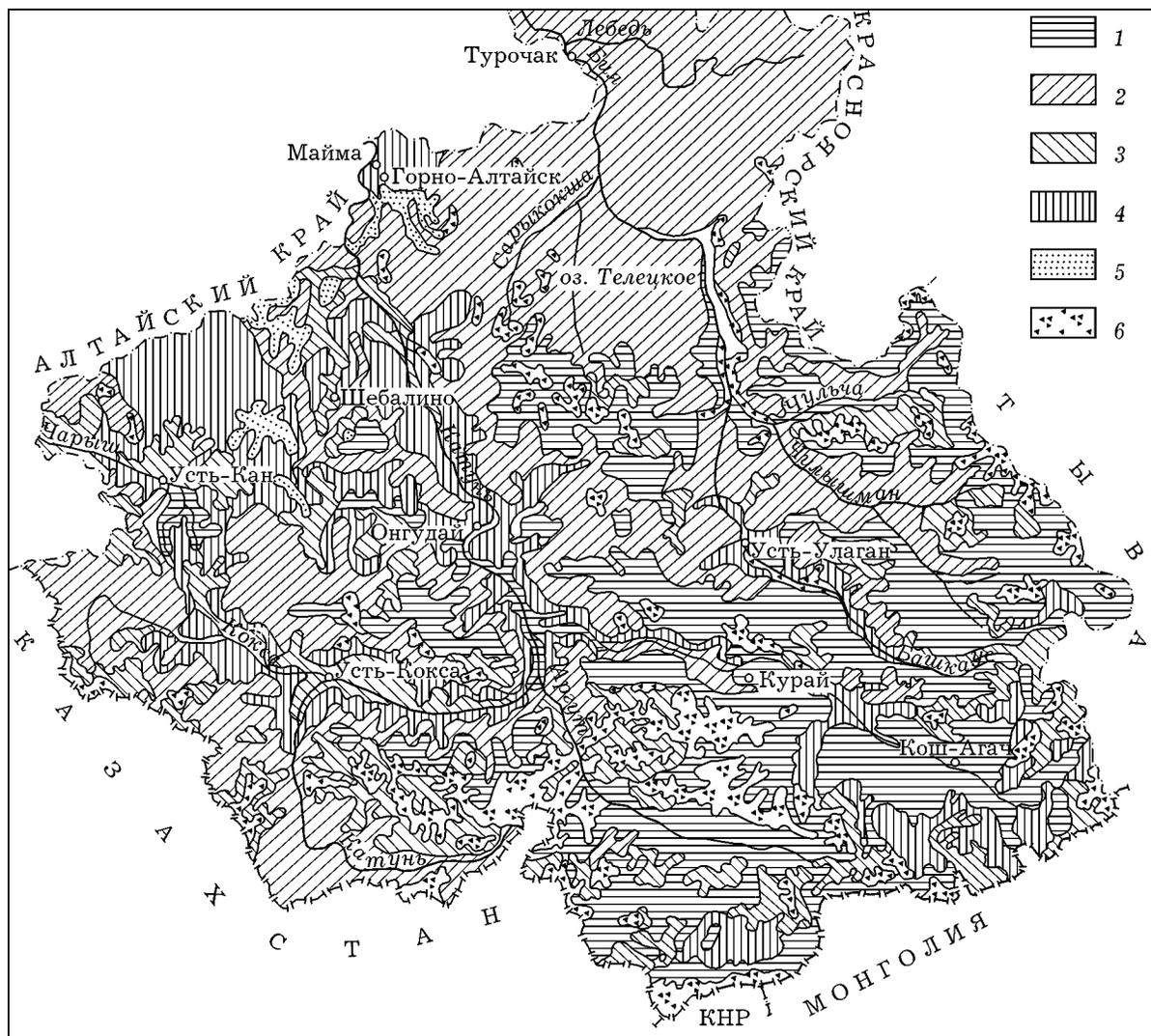


Рис. 2. Схематическая карта содержания йода в почвенном покрове Алтая, мг/кг: 1.4 (1), 1.9 (2), 3.2 (3), 4.5 (4), 7.6 (5), 6 – снежники, ледники, скальные породы.

выми почвами (3-я группа), где концентрация элемента несколько выше. Существенно выше содержание йода в черноземах оподзоленных и выщелоченных северных низкогорий и горно-лесных черноземовидных почвах Северного и Центрального Алтая (4-я группа). Однако и в районах с преимущественным распространением этих почв нередки случаи заболевания людей эндемическим зобом. Максимум йода (5-я группа) содержится в черноземно-луговых и лугово-черноземных почвах. Они хорошо освоены и имеют большое значение в сельскохозяйственном производстве, но, к сожалению, занимают всего лишь 1 % от общей территории.

#### Йод в растениях

Растения – важный компонент ландшафта. Они составляют основную часть рациона животных и человека и являются главным источником йода. Было исследовано, насколько сильно изменяется концентрация йода в растениях в зависимости от их таксономической принадлежности и насколько полноценны по содержанию йода местные корма для животных.

Полученные данные свидетельствуют о существенном разнообразии концентрации йода (от следовых количеств до 1.32 мг/кг сухой массы) в растениях. Злаковые травы (пырей, костер, овсяница, тимофеевка, тонконог и др.) содержат йод в среднем 0.17 мг/кг с колебаниями от 0.07 до 0.23 мг/кг. В бобовых травах (клевер, эспарцет, люцерна, чина, горошек мышиный и др.) средняя концентрация йода в два раза выше (0.37 мг/кг, ко-

лебания от 0.2 до 0.45), чем в злаковых. Примерно такое же содержание йода в разнотравье (борщевик, манжетка, какалия, будяк, василистник, полынь, яснотка, тысячелистник и др.) – от 0.12 до 0.75 мг/кг, средняя концентрация 0.39 [9, 10].

Содержание йода в кормах значительно варьирует (табл. 3). Это зависит от вида растений, места их произрастания, качества и вида заготовленного корма, времени и условий его хранения. Высушивание трав в поле, длительное хранение сена приводят к существенным потерям йода. В разнотравном луговом сене его в три раза меньше, чем в траве. Одна из составляющих потерь йода в процессе сушки и заготовки сена – потеря листьев, в которых микроэлемент главным образом сосредоточивается. В травяных гранулах, приготовленных из сеяных и дикорастущих трав, йода существенно меньше, чем в исходном сырье, поскольку приготовление гранул связано с термической сушкой. Очень мало йода в тебеновочном корме (ветоши). Если содержание йода в растениях снижается к концу вегетации, то в ветоши, претерпевшей осенние дожди, вышедшей весной из-под снега, ожидать существенных количеств микроэлемента не приходится. Сопоставляя приведенные данные с таковыми из других регионов, приходим к заключению, что в подавляющем большинстве случаев кормовые растения и корма Алтая характеризуются недостаточным содержанием йода.

В связи со сложившейся неблагоприятной ситуацией и с целью предотвращения йодной недостаточности у животных, которая здесь, как будет показано ниже, имеет место, не-

ТАБЛИЦА 3  
Содержание йода в кормах, мг/кг

Корм	n	lim	$\bar{x} \pm \sigma$
Горно-луговое пастбищное разнотравье	28	0.07–0.48	0.31±0.023
Ветошь (тебеновочный корм)	6	0.03–0.06	0.05±0.005
Сено разнотравное	6	0.07–0.16	0.11±0.014
Сено из сеяных злаковых трав	18	0.03–0.12	0.06±0.005
Фуражное зерно овса и ячменя	7	0.08–0.15	0.11±0.014
Травяные гранулы	7	0.04–0.12	0.08±0.010
Силос подсолнечниково-кукурузный	5	0.06–0.24	0.14±0.032
Комбикорм	10	0.12–0.56	0.28±0.043

обходимы профилактические меры. Возможны два пути профилактики. Первый, наиболее распространенный, заключается в йодировании поваренной соли, скармливаемой животным. Однако этот путь не решает поставленную задачу в полной мере, так как не обеспечивает равномерного и достаточного поступления йода в организм животного. Лучше и полнее усваивается йод в составе органических веществ, чем в форме минеральных соединений и с питьевой водой. Исследованиями отечественных и зарубежных ученых показано, например, что организм дойных коров усваивает лишь 10–30 % йода, введенного в рацион с минеральными добавками, а остальная его часть выводится из организма. Йод же в составе растительных кормов усваивается значительно полнее и его биологическая доступность намного выше, чем в неорганических соединениях.

Известен и второй путь обогащения кормов йодом – применение йодсодержащих удобрений. Данные специально проведенных полевых опытов [9] свидетельствуют о том, что йодные удобрения, не обеспечив достоятельной прибавки урожая, существенно повышали содержание йода в кормах. Разные виды трав поглощают и накапливают неодинаковое количество йода: злаковые – меньше, чем бобовые и разнотравье. При искусственно созданном в почве повышенном йодном фоне природная закономерность в уровне накопления йода отдельными группами растений сохранялась. Злаковые травы накапливали значительное количество йода, но меньше, чем бобовые и разнотравье. Внесение йодистого калия в почву в смеси с NPK удобрениями резко повышало содержание йода. Особенно сильно это проявлялось при высоких дозах KI (4 кг/га): содержание йода увеличивалось в 4–7 раз. При некорневом внесении йода систематическая принадлежность растений мало сказывалась на аккумуляции микроэлемента. Все исследованные травы имели одинаково высокие его концентрации, причем они были выше, чем в вариантах с внесением йода в почву в тех же дозах. Йод из аэрозолей хорошо усваивается через листовую поверхность растений, а внесенный в почву может связываться гуму-

сом и карбонатами и становиться труднодоступным для растений.

#### *Проявление йодной недостаточности у животных*

Йодная недостаточность ведет к яловости, снижению удоев и содержания жира в молоке, снижению настрига шерсти, замедлению роста и развития животных [11]. Характеризуется заболеванием изменением размеров и функции щитовидной железы, а также изменением функций органов и организма в целом. Внешний признак болезни – стойкая припухлость на шее (зоб). Из-за анатомо-топографических особенностей расположения щитовидной железы и вследствие специфичности заболевания определить ее увеличение (в норме щитовидная железа у овец и коз не пальпируется) и дифференцировать физиологическое увеличение от патологического трудно. Размеры и масса щитовидной железы зависят от возраста и массы животного.

При диагностике эндемического увеличения щитовидной железы Л. Г. Замарин [12] предложил пользоваться не абсолютной, а относительной ее массой (количеством граммов щитовидной железы, приходящимся на 100 кг живой массы животного). Относительная масса щитовидной железы считается нормальной, если у крупного рогатого скота она не более 5.2 г, у овец – 6.6, у свиней – 8.3 г. Относительная масса железы выше 7 г у крупного рогатого скота, 8 г у овец и 10 г у свиней – надежное свидетельство ее увеличения. Естественно, при постановке диагноза йодной недостаточности следует учитывать данные, характеризующие местность: наличие микроэлемента в почве, воде, корме, его доступность, структуру рациона, состояние продуктивности и воспроизводительной функции животных, клиническое проявление предполагаемой недостаточности, состояние крови и щитовидной железы.

Согласно приведенной карте-схеме (см. рис. 2), на Алтае имеются территории, на которых вероятность проявления йодной недостаточности у животных весьма высока. Тем не менее прямых доказательств, свидетельствующих о йодной недостаточности у живот-

ТАБЛИЦА 4

Абсолютная масса щитовидной железы у овец, г

Регион	$\bar{X} \pm x_{\#}$ (lim)	Литературная ссылка
Алтай	5.29±0.33 (0.89–29.42)*	[10]
	6.93±0.48 (3.75–29.42)**	[10]
<i>Районы с зобной эндемией</i>		
Закарпатье	4.21±0.11	[15]
Казахстан	3.85±0.12	[15]
Узбекистан	5.62±3.41	[16]
Ярославская обл.	2.21 (0.6–3.7)	[17]
<i>Благополучные районы</i>		
Закарпатье	3.24±0.41	[15]
Молдавия	2.73±0.13	[18]
Саратовская обл.	2.09±0.05	[12]
Ярославская обл.	0.77 (0.29–2.37)	[17]

\*Совокупность.

\*\*Взрослые животные.

ных, до наших исследований [13] не было. Обобщенные результаты, представленные в табл. 4–6, подтверждают наличие йодной недостаточности у животных. Средняя абсолютная масса щитовидной железы у овец (в совокупности и отдельно у взрослых животных) на Алтае превышает подобный показатель для животных не только из благополучных районов, но и из зобного очага (см. табл. 4). Если указанные данные классифицировать по предложенной в [14] схеме, то они соответствуют второй степени увеличения (1-я степень – 3.15 г; 2-я – 4.72, 3-я – 7.06 г).

Согласно данным, приведенным в табл. 5, у 74 % обследованных взрослых животных относительная масса щитовидной железы превышает 8 г, что по принятым критериям свидетельствует о явной йодной недостаточности. Одни исследователи [17] отмечают, что в районах с недостатком йода в компонентах среды (почвах, водах, кормах) щитовидная железа содержит йода меньше, чем в благополучных, другие [19] четкой зависимости не обнаружили. Исследования автора (см. табл. 6) показали, что уровень содержания йода в щитовидной железе может быть одним из

ТАБЛИЦА 5

Относительная масса щитовидной железы у овец на Алтае, г

Возрастная группа	Число обследованных животных	lim	$\bar{X} \pm x_{\#}$	Доля животных с увеличенной железой, %
Взрослые	137	2.5–68.1	14.7±0.9	74
Ягнята	125	7.6–46.5	21.5±0.6	98

ТАБЛИЦА 6

Содержание йода в щитовидной железе овец, мкг/г сырой массы

Состояние щитовидной железы	n	lim	$\bar{X} \pm x_{\#}$	V, %	t
Увеличенная	27	169–1400	612±53	39	7.06
Нормальная	72	492–4239	1300±81	28	

диагностических показателей зобной эндемии: в увеличенной железе йода в среднем в 2 раза меньше, чем в нормальной.

Таким образом, с использованием трех критериев – абсолютной и относительной массы щитовидной железы и содержания йода в ней – выявлен факт йодной недостаточности и проявления зобной эндемии у животных на Алтае.

#### Эндемия зоба у человека

Эндемическим зобом в мире поражены более 200 млн человек [20]. В ряде регионов бывшего СССР зоб III и IV степени проявлялся у 3–4 % жителей, а гиперплазия I и II степени – у 20–40 % [21]. Главная причина, вызывающая болезнь, – недостаток йода в рационе.

Схема йодного обмена следующая: неорганический йод, поступающий из кровяного русла в щитовидную железу, захватывается ею и превращается в связанные с белком соединения йода: моноидтирозин, диодтирозин, триодтирозин и тетраидтирозин (тироксин). Почти весь присутствующий в щитовидной железе йод входит в состав органических соединений и только 1 % его находится в неорганических, тогда как в крови на долю последних приходится 25–40 % от общего содержания. Током крови йодсодержащий гормон доставляется в ткани и клетки, где участвует в процессе обмена, повышая его скорость.

Зная о том, что без дефицита йода в биогеохимической цепи эндемия зоба не возникает, надо помнить и о дополнительных факторах, усугубляющих частоту и тяжесть течения болезни. К усиливающим или ослабляющим действие йодной недостаточности факторам относят полноценность питания, социально-бытовые и санитарно-гигиенические условия жизни людей, содержание в пище других химических элементов. Фактор питания в этиологии зоба рассматривается с разных сторон. Известно, что некоторые пищевые продукты содержат струмогенные вещества (тиоцианаты, перхлораты), тормозящие синтез йодсодержащих гормонов в щитовидной железе. Тиоурацил, тиомочевина и дру-

гие, поступая в организм человека с пищей, снижают активность щитовидной железы, т.е. препятствуют синтезу гормона, особенно при недостаточном поступлении йода в организм человека. На частоту и тяжесть зобной эндемии оказывают влияние недостаток или избыток витаминов А, В, С, D, РР.

Проявление эндемического зоба у людей на Алтае отмечено еще в начале XX века. На значительную распространенность этого недуга указывалось и в более поздних публикациях [22–27]. Динамика заболеваемости за полувековой период показана на рис. 3. По данным Р. М. Ахрем-Ахремовича [22] на Алтае было поражено зобом около 72 % обследованного населения. Этот показатель относится к обследованиям военного времени, к годам, пожалуй, самым худшим по социальным условиям: недостаточное питание населения, полное отсутствие продуктов, ввозимых из-за пределов региона. Постепенное улучшение социально-бытовых условий в послевоенный период и особенно принятые лечебно-профилактические меры уже к концу 50-х гг. привели к некоторому улучшению ситуации.

Дальнейшие позитивные сдвиги связаны с лечебно-профилактической работой, проводимой противозобным диспансером (диспансер организован в 1959 г.). За период с 1959 по 1982 г. проведены три тура обследования населения с охватом в каждом туре 70 % и более общего числа жителей. Благодаря по-

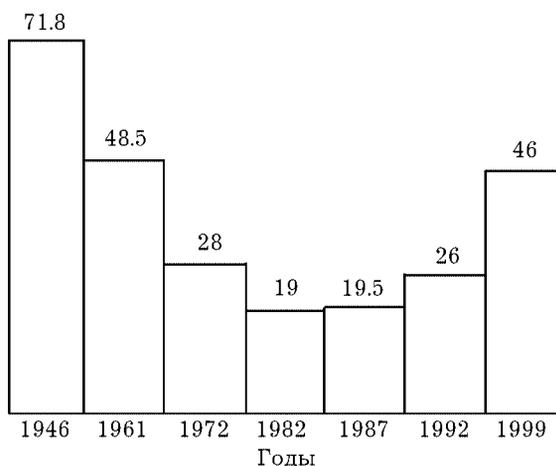


Рис. 3. Динамика пораженности людей эндемическим зобом (указан процент пораженных от общего числа обследованных всех возрастов).

стоянным профилактическим мерам (применение йодированной соли и антиструмина) заболеваемость с конца 40-х до конца 80-х гг. постепенно снижалась с 72.8 % в 1946 г. до 19 % в 1987 г. Однако потенциальная опасность зобной эндемии на Алтае оставалась, так как природные условия, в том числе и уровень йода в объектах окружающей среды как главный фактор, обуславливающий проявление эндемии, естественно, не изменились.

За последние 10 лет в связи с резким сокращением профилактических мероприятий (отсутствие йодированной соли и йодсодержащих продуктов питания, особенно в сельской местности; сокращение групповой бесплатной профилактики антиструмином) начался рост заболеваемости за счет увеличения числа гиперплазий щитовидной железы I и II степени у молодого поколения, вероятнее всего, аутоиммунного генезиса (рост аутоиммунного тиреоидита), дающего клинику тиреотоксикоза, гипотиреоза с анемией, а также рост числа случаев зоба III и IV степени у подростков [28].

Рост заболеваемости также может быть связан и с изменением общего иммунного статуса у жителей из-за ухудшения экологической обстановки и возможных последствий влияния былых ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне. В ряде административных районов (Усть-Коксинском, Шебалинском и Майминском), где в почвах достаточно высокое содержание йода [4,7], под "маской" эндемического зоба, надо полагать, имел и имеет место рост заболеваемости не диагностированного ранее аутоиммунного тиреоидита [28]. Последнее требует дополнительных исследований и доказательств со стороны специалистов медицины.

Таким образом, эндемия зоба у людей на Алтае распространена повсеместно, но неравномерно. Улучшение социально-бытовых условий и систематически проводимые профилактические мероприятия в 60-80-е гг. привели к существенным позитивным сдвигам, тогда как ухудшение условий жизни (особенно питания людей) и прекращение профилактических мероприятий, начавшиеся в начале 90-х гг., весьма негативно отразились на населении: пораженность возросла до 46 %, выйдя на уровень 60-х гг.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлена существенная пространственная неоднородность в уровне содержания йода в почвах и почвенном покрове Алтая (68 % территории с дефицитом йода < 2 мг/кг почвы). Обнаружено низкое содержание этого элемента в пастбищных травах и кормах, заготавливаемых на зиму.

На основании анализа йодной ситуации в объектах окружающей среды и исследования состояния щитовидной железы (абсолютная и относительная масса, содержание йода в ней) вскрыта ранее неизвестная, но оказавшаяся широко распространенной, йодная недостаточность у животных.

Зобная эндемия у людей на Алтае, известная с начала XX века, благодаря целенаправленным систематическим профилактическим мерам, предпринятым с конца 40-х гг., постепенно угасала. С начала 90-х гг. в связи с резким ухудшением условий жизни и отсутствием профилактики она стала резко прогрессировать и к концу века вышла на уровень 1961 г. Для борьбы с недугом необходимо неотложное принятие соответствующих мер.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 А. П. Виноградов, Тр. Юбилейной сессии, посвященной столетию со дня рождения В. В. Докучаева, Москва - Ленинград, 1949, с. 59-84.
- 2 Г. Ф. Проскуракова, О. Н. Никитина, *Агрохимия*, 7 (1976) 140.
- 3 В. Е. Зайчик, В. Е. Цисляк, *Лаб. дело*, 2 (1978) 109.
- 4 М. А. Мальгин, *Почвоведение*, 2 (1980) 74.
- 5 А. П. Виноградов, *Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз.*, 4 (1946) 341.
- 6 Б. Я. Розен, *Геохимия брома и йода*, Недра, Москва, 1970.
- 7 М. А. Мальгин, *Химические элементы в системе почва - растение*, Наука, Новосибирск, 1982, с. 54-73.
- 8 Б. С. Пристер, Т. А. Григорьев, В. М. Перевезенцев и др., *Почвоведение*, 6 (1977) 32.
- 9 М. А. Мальгин, *Сиб. вестн. с.-х. науки*, 3 (1985) 58.
- 10 М. А. Мальгин, Проявление йодной недостаточности на Алтае, Алтайское кн. изд-во, Горно-Алтайское отд., Горно-Алтайск, 1988.
- 11 В. В. Ковальский, Биологическая роль йода, Колос, Москва, 1972, с. 3-32.
- 12 Л. Г. Замарин, Эндемические болезни животных, Колос, Москва, 1968, с. 34-62.
- 13 М. А. Мальгин, *Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук*, 5 (1981) 153.
- 14 М. Е. Зельцер, Б. А. Айдарханов, А. Г. Столбовская и др., Биологическая роль йода, Колос, Москва, 1972, с. 177-183.
- 15 С. А. Предтеченский, Сб. тр. Львовского зооветинта, т. 3, Львов, 1950, с. 61-78.

- 16 Ш. А. Хамидуллин, Тр. Благовещ. мед. ин-та, Благовещенск, 1963, т. 5, с. 59-67.
- 17 В. В. Ковальский, М. И. Густун, *Вестн. с.-х. науки*, 3 (1966) 77.
- 18 С. Турмамбетов, Тр. Ин-та зоологии и паразитологии, Фрунзе, 1959, с. 33-50.
- 19 М. С. Степанян, С. А. Степанян, *Биол. журн. Армения*, 7 (1971) 24.
- 20 Е. М. Де Мейер, Ф. У. Лоуенштейн, К. Г. Тийи, *Борьба с эндемическим зобом*, изд. ВОЗ, Женева, 1981, с. 98.
- 21 В. В. Талантов, Тез. докл. 1-го Всерос. съезда эндокринологов, Москва, 1984, с. 139-140.
- 22 Р. М. Ахрем-Ахремович, *Эндемический зоб в Ойротии (Горный Алтай)*, Омск, 1946.
- 23 О. В. Николаев, *Эндемический зоб*, Медицина, Москва, 1955.
- 24 М. Г. Коломийцева, И. И. Неймарк, *Зоб и его профилактика*, Медицина, Москва, 1963.
- 25 В. П. Ерогов, *Гигиеническая характеристика биогеохимической ртутной провинции Горного Алтая и ее влияние на здоровье населения и эндемический зоб как проявление краевой патологии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук*, Киев, 1972.
- 26 М. А. Мальгин, Ю. И. Савенков, *Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук*, 1 (1983) 124.
- 27 М. А. Мальгин, В. П. Родин, Там же, 3 (1986) 62.
- 28 В. П. Родин, *Мат. 3-й Рос. биогеохимической школы*, Изд-во СО РАН, Новосибирск, 2000, с. 222-223.