

# Микроэлементы в женском молоке

Р.М. Парр\*

Каждый, у кого недавно был грудной ребенок или кто следит за газетными статьями относительно кормления грудных детей, отдаст себе отчет о необычайно большом внимании, которое уделяется в настоящее время проблеме грудного вскармливания ребенка. Повсеместно медицинские организации при поддержке таких международных организаций, как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Детский фонд ООН (ЮНИСЕФ) и Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), предпринимают энергичные усилия, направленные на противодействие все возрастающей тенденции, наблюдаемой во многих слоях населения — отказу молодых матерей от грудного вскармливания ребенка в пользу других видов кормления. Многие матери не всегда сами приходят к такому решению, часто причиной этому являются условия жизни, заставляющие их надолго покидать своих детей. В том случае, когда матери достаточно обеспечены, как это имеет место в некоторых развитых странах, или когда общество сознательно поощряет грудное вскармливание, как это имеет место в Китае, женщины еще довольно часто вскармливают своих детей грудью. Однако во многих развивающихся странах женщины из бедных семей, главным образом в городах, находящихся в антисанитарных условиях, без чистой воды и достаточных средств для покупки заменителя грудного молока, не могут в полной мере воспользоваться возможностью вскармливать своего ребенка грудью или отнимают его от груди слишком рано, часто с губельными последствиями.

Недавняя публикация ВОЗ/ЮНИСЕФ следующим образом отражает современное отношение к этой проблеме: „Вскармливание грудью является неотъемлемой частью процесса воспроизводства, естественным и идеальным способом вскармливания ребенка, а также уникальной биологической и эмоциональной основой развития ребенка. Этот факт, а также то важное воздействие, которое вскармливание грудью оказывает на предупреждение инфекций, на здоровье и самочувствие матери, на развитие ребенка, на здоровье семьи, на национальный и семейный бюджеты и на производство пищевых продуктов, делает его ключевой проблемой самоутверждения, главной заботой в области здравоохранения и современного развития общества. Поэтому

ответственность за поддержку грудного вскармливания детей и защиту беременных женщин и кормящих матерей от всякого вредного воздействия лежит на обществе.”

То, что материнское молоко служит *лучшим* видом питания для кормления ребенка, не всегда является очевидным фактом, как это иногда кажется. Например, уже достаточно давно известно, что молоко бедно солями железа и меди и в этом смысле его нельзя использовать *до бесконечности*, как единственный источник питания. Однако, нормальные дети (но не рожденные преждевременно) рождаются с запасом этих элементов в своем организме, достаточным вплоть до того момента, когда их отнимают от материнской груди и увеличивают объем кормления. Также не совсем очевидно, что у *всех* матерей может быть грудное молоко необходимого качества. Возможно, что это до некоторой степени справедливо для состоятельных матерей, которые обладают хорошим здоровьем и питаются качественной пищей, но что сказать о матерях из менее привилегированных социальных групп?

Всеми отмечается, что до 3–4-месячного возраста дети в развивающихся странах имеют те же темпы роста, что и дети в развитых странах. После этого возраста кривая их роста становится более пологой и отклоняется от кривой роста детей в развитых странах. Такое явление привело многих людей к мысли об адекватности грудного вскармливания в развивающихся странах либо вследствие недостаточности количества молока, либо вследствие недостаточности питательных компонентов. Наконец, определенно установлено, что плохое питание матери может при некоторых обстоятельствах привести к слабому росту и развитию плода и к недостаточной секреции молока.

Пытаясь получить более определенную информацию по этому вопросу, Всемирная организация здравоохранения в 1976 г. приняла решение о начале исследований, непосредственно касающихся количества и состава грудного молока у женщин ряда стран. В число исследуемых были включены не только такие основные компоненты как протеин, жир и лактоза, но и такие присутствующие в меньших количествах компоненты, как витамины, остатки пестицидов и микроэлементы. Именно в связи с микроэлементами к этому проекту было привлечено Агентство. Как будет показано ниже в этой статье, ядерные аналитические методы являются очень действенным средством определения концентраций малых долей веществ и микроэлементов в

\* Г-н Парр является сотрудником Секции применения ядерной энергии в медицине Отдела естественных наук Агентства.

Таблица 1. Содержание в организме отдельных элементов (стандартный человек по МКРЗ)

Элемент	Количество (г)	Доля от общей массы тела (%)
1. Кислород	43 000	61
2. Углерод	16 000	23
3. Водород	7 000	10
4. Азот	1 800	2,6
5. Кальций	1 000	1,4
6. Фосфор	780	1,1
7. Сера	140	0,20
8. Калий	140	0,20
9. Натрий	100	0,14
10. Хлор	95	0,12
11. Магний	19	0,027
12. Кремний	18	0,026
13. Железо	4,2	0,006
14. Фтор	2,6	0,0037
15. Цинк	2,3	0,0033
16. Рубидий	0,32	0,00046
17. Стронций	0,32	0,00046
18. Бром	0,20	0,00029
19. Свинец	0,12	0,00017
20. Медь	0,072	0,00010
21. Алюминий	0,061	0,00009
22. Кадмий	0,050	0,00007
23. Бор	< 0,048	0,00007
24. Барий	0,022	0,00003
25. Олово	< 0,017	0,00002
26. Марганец	0,012	0,00002
27. Иод	0,013	0,00002
28. Никель	0,010	0,00001
29. Золото	< 0,010	0,00001
30. Молибден	< 0,0093	0,00001
31. Хром	< 0,0018	0,000003
32. Цезий	0,0015	0,000002
33. Кобальт	0,0015	0,000002
34. Уран	0,00009	0,0000001
35. Бериллий	0,000036	
36. Радий	$3,1 \times 10^{-11}$	

таких биологических материалах, как женское молоко. Более того, лаборатория Агентства уже в течение многих лет оказывает услуги по аналитическому контролю качества именно в этой области — определение микроэлементов — и была, следовательно, в весьма выгодном положении для организации выполнения анализов надежными и проверенными методами. Однако, прежде чем приступить к детальному описанию проекта и применяемых аналитических методов, полезно объяснить роль, которую играют микроэлементы в питании человека.

### Микроэлементы и питание человека

Организм человека состоит из многих элементов; действительно, сообщалось, что некоторые ткани человека включают до 81 элемента из 92, встречающихся в природе (Табл. 1). Конечно, большая часть организма состоит из так называемых основных элементов (например, кислород, углерод, водород) и второстепенных (например, калий, натрий, хлор). Но существует много других элементов, которые, хотя и содержатся в микроколичествах,

однако имеют большое значение для роста и развития человека; некоторые из них просто необходимы для жизни. Термин *микроэлементы* обычно применяется к тем элементам, которые, по крайней мере, в отдельных тканях или жидкостях организма обнаруживаются в концентрациях ниже десяти миллионных долей ( $10^{-5}$ ). Все элементы, которые стоят в табл. 1 ниже магния (т.е. начиная с кремния), обычно относятся к микроэлементам.

С 17-го века известно, что всем людям нужно железо, если они хотят выжить; иод также известен как важный микроэлемент с 1850 г. Большинство наших знаний относительно микроэлементов получено, однако, в настоящем веке, особенно за последние 20 лет. В настоящее время не менее 16 таких элементов считаются важными для людей (Табл. 2), хотя по некоторым из них (например, мышьяк, олово и ванадий) данные получены не прямым путем, а из экспериментов на животных.

Эти элементы играют различную роль, в некоторых случаях выступая в качестве составных частей жизненно важных биологических молекул (например, железо в гемоглобине и иод в гормонах щитовидной железы); в других случаях они могут образовывать части ферментов или служить вспомогательным фактором для реакций, осуществляемых при посредничестве ферментов. Несмотря на огромные продвижения в наших знаниях по этому вопросу за последние два десятилетия, наше понимание роли многих из микроэлементов, особенно тех, которые были выявлены относительно недавно, возможно, является, если говорить образно, не более, чем небольшой верхушкой огромного айсберга.

Практически железодефицитная анемия, вызываемая, главным образом, потреблением пищи с малым содержанием железа, является одним из наиболее распространенных в мире последствий недостаточного питания, оказывающим воздействие на сотни миллионов людей. Недостаточность иода, приводящая к развитию зоба и кретинизму, также все еще является широко распространенной проблемой здравоохранения населения несмотря на то, что она может быть легко и с малыми затратами предотвращена добавлением иода.

Такие явления недостаточности известны в течение многих лет, но только недавно получены свидетельства того, что недостаточность других видов микроэлементов может иметь широкое распространение как в развитых, так и в развивающихся странах. В настоящее время особое внимание уделяется таким элементам как цинк, селен и хром. Недостаточность цинка связывается с замедлением роста, половым недоразвитием, болезнями кожи и пониженным иммунитетом. Селен играет важную роль в питании животных; было выявлено, что у человека он причинно связан с болезнью Кешань, эндемичным сердечным заболеванием, поражающим, главным образом, маленьких детей в районе провинции Кешань в Китае. Оказывается, что хром играет определенную роль для некоторых видов диабета, а также может влиять на развитие сердечных болезней. Можно определенно сказать, что явная недостаточность этих микроэлементов вряд ли может иметь

Таблица 2. Классификация важных микроэлементов

Элемент	Дата открытия	Функции	Признаки недостаточности в организме человека	Случаи нарушения баланса в организме человека
Железо	17-й век	Перенос кислорода и электронов	Анемия	Недостаточность широко распространена, избыточность опасна в гемохроматозах, острое отравление
Иод	1850	Составная часть гормонов щитовидной железы	Развитие зоба, ослабление функций щитовидной железы, кретинизм	Недостаточность широко распространена, избыточное поступление может привести к тиреотоксикозу
Медь	1928	Окислительные ферменты, взаимодействует с железом, входит в состав эластана	Анемия, меняет окостенение, возможно повышение серохолестерола	Недостаточность при недоедании и при полностью внутривенном питании
Марганец	1931	Метаболизм мукополисахаридов, дополнительное окисление дисмутаза	Не известны	Недостаточность не известна, токсичен при вдыхании
Цинк	1934	Многочисленные ферменты, участвующие в метаболизме и в перемещении и копировании	Замедление роста, половое недоразвитие, болезни кожи, пониженный иммунитет, изменение остроты вкуса	Недостаточность в Иране, Египте, при полностью внутривенном питании, генетических болезнях, травматических стрессах
Кобальт	1935	Как часть витамина В <sub>12</sub>	Только как недостаток витамина В <sub>12</sub>	Невозможность поглощать витамин В <sub>12</sub> , низкое поступление В <sub>12</sub> с растительной пищей
Молибден	1953	Ксантиноксидазы, альдегидоксидазы, сульфидоксидазы	Не известны	Повышенное воздействие в некоторых районах Советского Союза, связанное с синдромом подагры
Селен	1957	Глутатионпероксидаза, взаимодействие с тяжелыми металлами	Эндемическая кардиомиопатия (болезнь Кешань), обусловленная недостаточностью селена	Недостаточность и избыточность в некоторых районах Китая; один случай в результате полного внутривенного питания
Хром	1959	Усиление инсулина	Относительная сопротивляемость инсулину, снижение толерантности глюкозы, повышение серолипидного взаимодействия	Недостаточность известна при недоедании, при старении, полностью внутривенном питании
Олово	1970	Не известны	Не известны	Не известны*
Ванадий	1971	Не известны	Не известны	Не известны*
Фтор	1971	Структура зубов, возможно, костей; возможно, действует на рост	Увеличенная частота кариеса, возможно возрастание риска остеопороза	Известны недостаточность и избыточность
Кремний	1972	Отвердевание, возможно влияние на соединительные ткани	Не известны	Не известны*
Никель	1976	Воздействует на поглощение железа	Не известны	Не известны*
Мышьяк	1977	Не известны	Не известны	Известны случаи избыточности природного происхождения
Кадмий	1977	Не известны	Не известны	Не известны*

\* Природные нарушения баланса не известны, но избыточное поступление может возникнуть при определенных обстоятельствах, в особенности, в условиях, связанных с производством.

место. Однако остается вопросом, до каких пределов допустимо распространение недостаточности и не оказывают ли эти недостаточности большого влияния на различные хронические болезни.

Не удивительно, что движение за здоровую пищу с энтузиазмом ухватилось за микроэлементы, и в некоторых странах (в частности в США) магазины здоровой пищи развивают продажу пилюль, содержащих эти элементы. Сопроводительная литература обещает многие положительные эффекты, включая повышенную сопротивляемость инфекциям и предохранение от рака и сердечных болезней. Несомненно, такие претензии часто преувеличены, хотя они частично подкрепляются убедительными, если не решающими научными свидетельствами.

Во многих странах добавление в продукты питания человека таких элементов как железо, иод и фтор уже проводится национальными органами здравоохранения, и, по крайней мере, в одной стране (Швеция) недавно начато косвенное добавление селена (через удобрения, применяемые в сельском хозяйстве). В некотором отношении сельскохозяйственным животным много лучше, чем людям; им намного чаще добавляют в пищу микроэлементы! Однако, прежде чем читатель бросится покупать какие-либо пилюли с микроэлементами, его следует предупредить, что оптимальное состояние здоровья зависит от правильного соотношения микроэлементов, и что слишком большое количество какого-либо из элементов может оказаться не только токсичным само по себе, но может также оказывать воздействие на метаболизм других элементов. Лучший способ избежать недостаточности микроэлементов — это следовать давно известному практически здоровому совету, а именно: питаться разнообразной пищей, предпочтительно с малой долей таких высокоочищенных пищевых продуктов, как сахар или белая мука.

Что касается детского питания, основной вопрос заключается в том, входят ли в формулу продуктов, потребляемых отнятыми от груди детьми, в достаточном количестве важные питательные вещества. Совещание экспертов Всемирной организации здравоохранения заявило в 1973 г.: „Эти формулы должны содержать все важные микроэлементы... по крайней мере в тех количествах, в которых они имеются в женском молоке.” Но для того, чтобы следовать этой рекомендации „необходимо получить дополнительную информацию о количествах микроэлементов, содержащихся в женском молоке”. Соответственно, это и явилось главной задачей исследовательского проекта, описываемого в настоящей статье. Проект также имеет сопутствующую задачу выяснить, насколько существенно меняются концентрации микроэлементов в женском молоке в зависимости от разных социально-экономических групп или географических районов проживания.

### Сбор молока

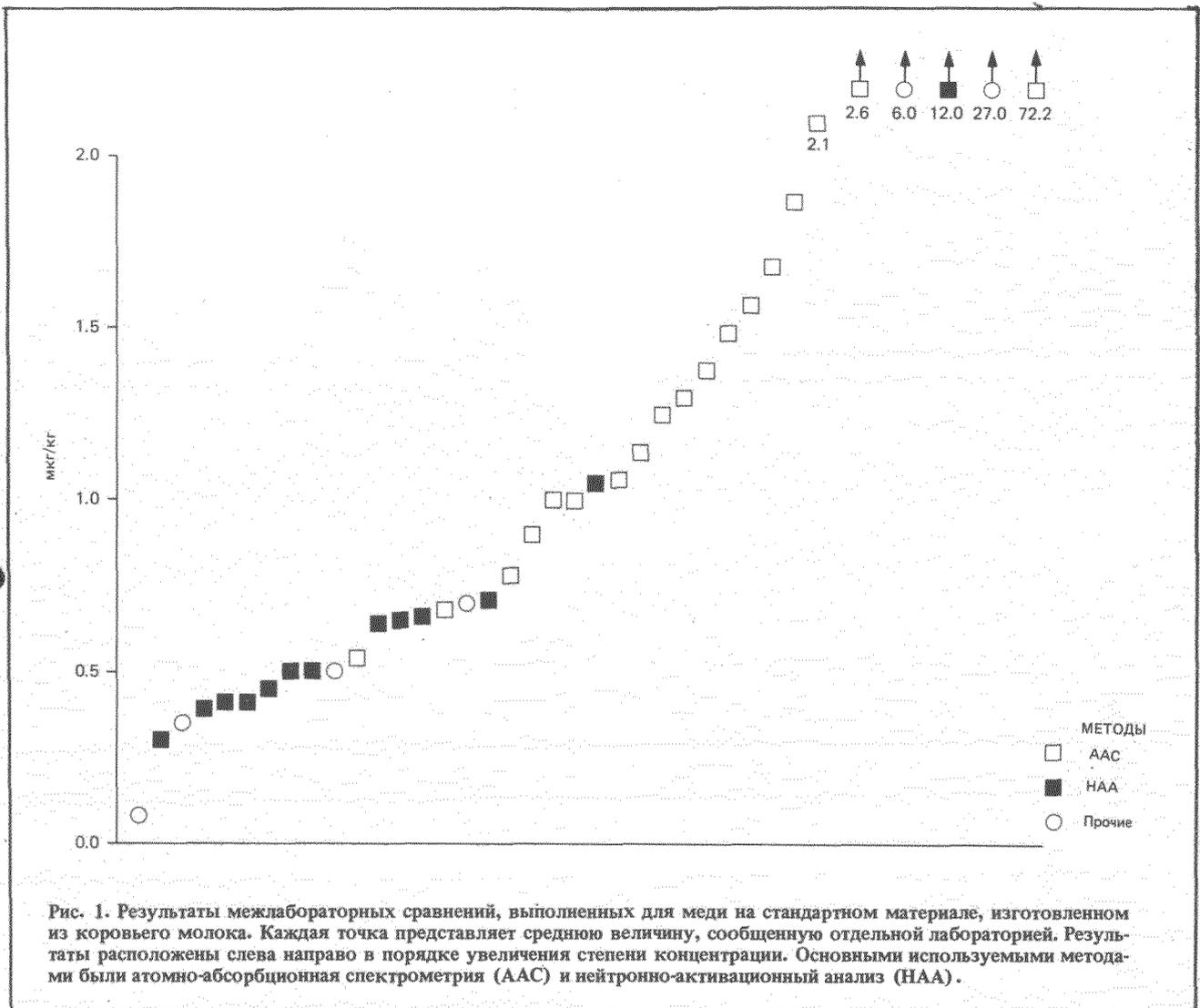
Всемирной организацией здравоохранения было выбрано шесть сборных пунктов в странах, находя-

щихся на разных ступенях промышленного развития, а именно, в Венгрии, Гватемале, Заире, Нигерии, на Филиппинах и в Швеции. Программа исследований предусматривала желательность отбора образцов в каждой стране по трем различным социально-экономическим группам: состоятельная часть населения (городское население), бедная часть населения (городское население), население сельской местности. (Некоторые страны не смогли полностью выполнить это требование). Образцы брались у матерей в каждой исследуемой группе специально обученным персоналом, который также вел соответствующие записи по каждой матери и ее ребенку. Для исследований некоторых компонентов молока (например, протеин и жир) отдельные матери наблюдались с момента рождения ребенка в течение всего периода лактации для получения информации относительно изменения с возрастом ребенка поступления питательных веществ. Однако для микроэлементов по разным причинам это было неосуществимо, и вместо этого было решено исследовать их концентрацию в молоке в определенный момент после рождения ребенка, а именно, примерно спустя три месяца. Из других источников имеется информация об изменении состава молока в зависимости от времени лактации. После третьего месяца молоко доходит до полной зрелости, и его состав становится почти стабильным. Более того, три месяца являются сроком, после которого многие матери начинают отнимать от груди своего ребенка. Следовательно, в этом возрасте поступление ребенку питательных веществ больше не зависит исключительно от молока. Для сравнения на анализ были взяты также некоторые виды промышленно изготовляемого детского питания.

Параллельно с этим совместным исследовательским проектом ВОЗ/МАГАТЭ аналогичные исследования были санкционированы Агентством в рамках Программы исследовательских контрактов. Аналогичные и дополнительные данные были получены поэтому и из нескольких других стран, в частности, из Индии, Италии и Чили.

### Анализирование микроэлементов

Ответственность за проведение анализов микроэлементов была возложена на Агентство вследствие его большого опыта в этой области и интереса к этому вопросу, в частности, к использованию основанных на свойствах ядер аналитических методов и аналитическому контролю качества. В число исследуемых элементов вошли все важные микроэлементы из табл. 2 за исключением кремния, а также некоторые важные токсичные микроэлементы (сурьма, свинец, ртуть и, в случае превышения естественного уровня, мышьяк и кадмий). Второстепенные элементы: кальций, хлор, магний, фосфор, калий и натрий также вошли в это число, так как они подобно многим из микроэлементов являются также важными в биологическом отношении, а их анализ может быть осуществлен теми же способами; существуют также важные взаимосвязи между некоторыми из



этих элементов, которые могут представлять интерес. Таким образом, всего изучалось 24 элемента.

В научной литературе можно найти опубликованные данные по большинству, если не по всем этим элементам, поэтому кто-нибудь возможно удивится, зачем вообще необходимо было проводить эти исследования. Это объясняется тем, что чрезвычайно трудно выполнить анализы надлежащим образом, и только в последние годы и в очень небольшом числе лабораторий стали получать надежные результаты. Поэтому научная литература полна данными, которые даже для одного элемента отличаются на несколько порядков. Неясно, существуют ли на самом деле такие различия (т.е. они обусловлены изменениями биологических или географических факторов), или они являются просто результатом ошибок при анализе.

Убедительное доказательство того, что очень часто имеет место последний вариант, т.е. ошибка при анализе, было получено в результате многочисленных взаимных сравнений, проведенных в последние годы лабораторией Агентства в рамках программы

услуг по аналитическому контролю качества. Например, на рис. 1 приведены результаты по очень важному и хорошо изученному микроэлементу — меди — для эталонного образца из сухого коровьего молока, приготовленного Агентством. Этот образец представляет собой гомогенный порошок, который, очевидно, должен давать одни и те же результаты независимо от того, кто проводит анализ и каким методом. Тем не менее, полученные результаты охватывают широкий диапазон величин (наибольший результат в 880 раз превышает наименьший) и при тщательном изучении выявляют систематические различия, зависящие от применяемых аналитических методов. Неядерный метод атомно-абсорбционного спектрального анализа приводит к результатам, которые в среднем примерно в два раза превышают результаты, полученные ядерным методом, нейтронно-активационным анализом. Хотя еще продолжается работа по установлению того, какая из этих величин является правильной, уже вполне ясно, что более правильной является меньшая величина.

Таблица 3. Сотрудничающие аналитические лаборатории, определяемые элементы и аналитические методы

Аналитическая лаборатория	Определяемый элемент	Аналитический метод
МАГАТЭ, Вена, Австрия	Ca, Cr, K, Mg, Na	Атомно-абсорбционная спектрометрия
	Cl	Инструментальный НАА*
	Cd, Mo	Радиохимический НАА
Установка для ядерных исследований (KFA), Юлих, ФРГ	Co, Fe, Hg, Sb, Se, Zn	Инструментальный НАА
Институт Иозефа Стефана, Любляна, Югославия	Cu, Mn	Радиохимический НАА
	As, I, Sn, V	Радиохимический НАА
Научно-технологический институт, Манчестер, Великобритания	Ni	Эмиссионная спектрометрия (ICP-ES)
Хельсинский технологический университет, Хельсинки, Финляндия	Pb	Атомно-абсорбционная спектрометрия
Исследовательский институт детского питания, Дортмунд, ФРГ	F	Электрохимические методы (ионометрия)
	P	Калориметрия

\* НАА — нейтронно-активационный анализ

Следовательно, необходимым условием проведения исследований такого типа является скрупулезное отношение к аналитическому контролю качества. Насколько известно автору, впервые такая работа проводилась для такого большого числа элементов в условиях, когда с самого начала контроль качества был заложен в программу. Только таким образом можно выполнить не лишние смысла сравнения для разных стран и разных социально-экономических групп. Контроль качества был обеспечен в этом проекте, во первых, тем, что только одна аналитическая лаборатория была ответственна за каждый элемент (таким образом исключались межлабораторные систематические ошибки), и, во-вторых, использованием двух специально приготовленных материалов для аналитического контроля качества, одним из них был выше упоминавшийся эталонный материал из коровьего молока, другим был образец смеси женского молока от разных доноров.

Ядерные аналитические методы, в частности, нейтронно-активационный анализ (НАА), имеют много преимуществ для исследований такого рода. НАА является методом, который заключается в активации образца (например, пробы женского молока) облучением нейтронами в ядерном исследовательском реакторе. После этого многие атомы в образце превращаются в радиоактивные изотопы, которые либо могут быть измерены непосредственно с помощью соответствующего гамма-спектрометра (эта разновидность метода известна как инструментальный НАА), либо они могут быть измерены после последующего радиохимического разделения (радиохимический НАА). Зарегистрированная таким образом величина радиоактивности является мерой концентрации исходного элемента в образце. Особыми преимуществами данного метода являются его высокая чувствительность и избирательность (для многих, хотя и не для всех элементов, представляющих интерес) и его относительная независимость от загрязнения и влияния матрицы. К тому же этот метод пригоден для многих элемен-

тов, что является особенно важным, когда изучается так много элементов, до 24, в каждом образце.

Однако не для каждого элемента метод НАА является оптимальным. Для некоторых элементов (например, свинец) этот метод не обеспечивает достаточной чувствительности, а для других элементов (например, кальций) существуют другие методы, которые легче осуществимы, быстрее и дешевле. По этой причине исследование в целом включало использование различных аналитических методов как ядерных, так и неядерных, и только часть из них осуществима в лаборатории Агентства. Поэтому анализы проводились совместными усилиями нескольких различных лабораторий (подробнее смотри в табл. 3). Однако во всей этой работе лаборатория Агентства являлась координирующим центром, получающим образцы из различных исследуемых областей, гомогенизирующим, высушивающим их и разделяющим на порции, которые посылались в различные аналитические лаборатории. Лаборатория Агентства кроме непосредственного проведения собственно анализов несла также общую ответственность за аналитический контроль качества, за сбор и оценку полученных результатов.

И, наконец, не менее важную роль лаборатория играла в обеспечении комплектами оборудования для получения соответствующих образцов женского молока для анализа. Одна из важных практических проблем в исследованиях такого рода заключается в том, что многие представляющие интерес элементы присутствуют в таких чрезвычайно малых количествах, что образцы легко могут быть загрязнены применением грязного или недостаточно чистого оборудования. Поэтому всем сборным пунктам ВОЗ поставлялись специально подготовленные и очищенные сборные сосуды и бутылочки для образцов (Рис. 2). Комплекты для сбора образцов содержали также специальный шампунь с низким содержанием микроэлементов для обмывания груди перед отбором молока.



Рис. 2. Комплект для отбора образцов женского молока, включающий шампунь (с низким содержанием микроэлементов) для обмывания груди, сборный сосуд (для присоединения к молокоотсосу) и бутылочки для образцов. Сборный сосуд и бутылочки для образцов должны быть предварительно вымыты, чтобы избежать загрязнения микроэлементов.

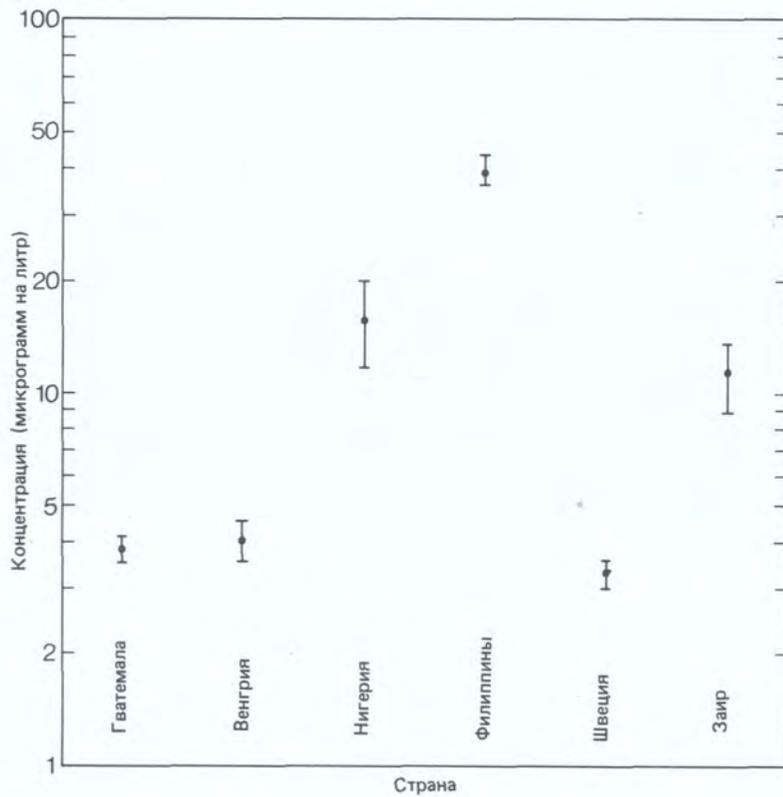


Рис. 3. Концентрации марганца в женском молоке из разных стран. Указаны средние концентрации ( $\pm 1$  стандартное отклонение от среднего значения). Шкала концентраций — логарифмическая.

Таблица 4. Сводка различий концентраций элементов в женском молоке, связанных с географическим местоположением

Элемент	Гватемала	Венгрия	Нигерия	Филиппины	Швеция	Заир
As				+		
Ca	+		-		-	
Cd			+	+		
Co		-	+	+		
Cr		-	+	+		
Cu	+	-	+	+	-	-
F	-			+		
Fe	-	-		+		
Hg					+	
I						-
K		+			+	
Mg			-	-		+
Mn	-	-		+	-	
Mo				+		
Na				+		
Ni						-
Pb	-	+	-	+	+	-
Sb	-	-		+		
Se		-		+	-	
V				+		
Zn	+	-			-	
Всего	2-	6-	1+	13+	2-	4-

Величины сравниваются со средним значением по всем странам: + означает относительно высокую, - означает относительно низкую концентрацию.

#### Правильны ли рекомендуемые пищевые рационы?

Хотя в настоящее время большинство требовавшихся в этой работе анализов уже выполнено, оценка результатов, всего около 8500 отдельных значений, и подготовка окончательного отчета еще не завершены. Однако, уже имеется достаточное количество данных, свидетельствующих о некоторых очень интересных различиях между изучаемыми областями и в некоторых случаях между различными социально-экономическими группами в пределах одной страны. Результаты по марганцу, например, свидетельствуют об очень больших различиях между странами, в которых проводились исследования (Рис. 3); средние концентрации на Филиппинах и в Швеции отличаются не меньше, чем в 12 раз. Такого типа различия отмечались неоднократно (Табл. 4), при этом Филиппины довольно постоянно показывают высокий уровень по многим из представляющих интерес элементам, вероятно, из-за относительно высокой степени минерализации почв в этой стране. Однако ни одна из этих высоких величин не должна вызывать особого беспокойства, так как они не превышают концентраций, ранее считавшихся совместимыми с хорошими условиями питания. Действительно, до некоторой степени более вероятно (но еще не доказано), что некоторые низкие величины, наблюдаемые в других странах, могут представлять больший биологический интерес, как индикаторы возможных границ недостаточности микроэлементов.

Основная ценность этих данных, возможно, будет заключаться в том, что они прольют свет на требования относительно микроэлементов в питании младенцев. Недавно Национальная академия наук

США опубликовала рекомендуемые пищевые рационы (РПР) по 15 из 24 исследованных в данной работе элементам, которые широко цитируются и используются в других странах. Однако, для некоторых элементов существуют удивительные расхождения между реальным потреблением, наблюдавшимся в рамках данного проекта, и применяющимся в настоящее время РПР. Для марганца реальное потребление (средние цифры по 6 исследуемым странам) колеблется между 2,5 и 25 мкг/сутки, в то время как РПР дает цифры от 500 до 700 мкг/сутки. Аналогично для железа реальное потребление колеблется между 228 и 460 мкг/сутки, РПР дает 10 000 мкг/сутки. Хотя сравнивать эти цифры не просто из-за отличий биологического характера (например, такой элемент, как железо хорошо усваивается из женского молока и намного хуже из приготовленных рецептов), тем не менее, эти отличия между реальным потреблением и РПР кажутся значительными и нуждаются в объяснении. Это немаловажный вопрос, так как промышленность уже начинает выпуск рецептов для детского питания с содержанием таких микроэлементов, как медь, иод, железо, марганец и цинк, в соответствии с опубликованными РПР. Следовательно, в этом отношении производимые рецепты начинают выступать как более высококачественное питание, чем материнское молоко, чего почти наверняка не может быть. Ожидается, что данное исследование будет полезным в вопросе получения новых данных для установления правильных требований к содержанию в пище младенцев второстепенных элементов и микроэлементов.

Наконец, мы возвращаемся к вопросу, поставленному в начале данной статьи: почему младенцы



Рис. 4. Обычно считается, что материнское молоко должно быть наилучшей пищей для младенца. Но знаем ли мы, из чего состоит это молоко? Ядерные методы помогают получить, по крайней мере, частичный ответ.

в некоторых развивающихся странах растут хуже после 3–4-месячного возраста, чем младенцы в так называемых развитых странах. Теперь очевидно, что главная причина заключается не в недостатке молока или в несоответствующем его качестве, а скорее в недостаточности прикармливания и тяжелом бремени инфекционных болезней.

Несомненны аргументы в пользу грудного вскармливания. Грудное молоко является наиболее экономичной пищей для младенцев и, кроме того, дает некоторые преимущества иммунологического характера. Однако сторонники удлиненного груд-

ного вскармливания, кажется, недооценивают факт, известный всем матерям, что довольно скоро материнское молоко перестает удовлетворять растущие потребности здорового ребенка и прикармливание становится неизбежным. В среднем такое прикармливание кажется целесообразным после 4–6 месячного возраста.

В заключение автор хотел бы выразить глубокую благодарность всем участникам описанного в данной статье проекта, с которыми ему пришлось тесно взаимодействовать, и в частности, представителю ВОЗ в этом проекте д-ру Е.М. Демайеру.