

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДЕФИЦИТА ЙОДА В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА

ОБОГАЩЕНИЕ ЙОДОМ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

НОРМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Спиридонов А.А.
Мурашова Е.В.
Кислова О.Ф.



ИЗДАНИЕ 2-е, РАСШИРЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Спирidonov A.A., Мурашова E.B., Кислова O.Ф.

**ОБОГАЩЕНИЕ ЙОДОМ
ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА.
НОРМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

Издание 2-е, расширенное и дополненное

Санкт-Петербург
ООО «СПС-Принт»
2011

ББК 45.4 + 54.15
УДК 636 +616.4
С72

Спиридонов А.А., Мурашова Е.В., Кислова О.Ф.

С72 Обогащение йодом продукции животноводства. Нормы и технологии/Спиридонов А. А., Мурашова Е. В., Кислова О. Ф. — Санкт-Петербург: ООО «СПС-Принт», 2011. — 116 с.
ISBN 978-5-4276-0007-1

Издание посвящено путям решения проблемы дефицита йода в пищевом рационе человека. Предлагается инновационный путь решения проблемы — обогащение йодом продукции животноводства (куриных яиц и мяса, коровье-го молока) при помощи современного йод-полимерного лекарственного средства для животных «Монклавит-1».

Важным преимуществом предлагаемого метода является ликвидация дефицита йода в питании самих животных и как следствие повышение экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Настоящее 2-е издание дополнено результатами производственных опытов по обогащению йодом товарных куриных яиц и куриного мяса, проводившихся в 2010 году. Добавлена глава с результатами опытов по определению стабильности йода в куриных яйцах и мясе при кулинарной обработке, глава о влиянии дефицита йода на развитие патологий при ядерных катастрофах и другие.

Рекомендуется для руководителей и специалистов животноводческих хозяйств, птицефабрик, предприятий пищевой промышленности, практикующих ветеринарных врачей, преподавателей, аспирантов и студентов профильных учебных заведений.

ББК 45.4 + 54.15
УДК 636 + 616.4

ISBN 978-5-4276-0007-1

Содержание

Предисловие	6
Глава 1. Проблема дефицита йода в пищевом рационе человека	9
1.1. Введение.	9
1.1.1 Значение йода для человека, глобальная проблема дефицита йода.	9
1.1.2. Проблема дефицита йода в мире.	11
1.1.3. Проблема дефицита йода в России, Белоруссии, Украине, Казахстане и Азербайджане.	13
1.2. Рекомендуемые и максимальные уровни потребления йода.	21
1.3. Потребление йода организмом человека, содержание йода в основных пищевых продуктах.	24
1.4. Факторы, усиливающие влияние дефицита йода	26
1.5. Влияние дефицита йода на развитие патологий при ядерных катастрофах.	28
1.5.1. Радиоактивные изотопы йода, цезия и стронция.	28
1.5.2. Эффекты внешнего и внутреннего облучения щитовидной железы.	29
1.5.3. Защитный эффект йодной профилактики при ядерных катастрофах	30
1.6. Биологически активная форма йода.	34
1.7. Гормональная роль йода.	36
1.8. Негативный эффект, вызванный избыточным потреблением йода	38
Глава 2. Пути решения проблемы йод-дефицита	41
2.1. Введение.	41
2.2. Йодирование соли.	42
2.3. Йодирование продуктов животноводства и птицеводства.	45

2.3.1. Значимость йода для животных.	45
2.3.2. Опыт применения йод-полимерного лекарственного средства «Монклавит-1» для лечения, профилактики заболеваний животных (в соавторстве с к.в.н. А.В. Варюхиным) . . .	46
2.3.3. Планирование и прогнозирование процесса обогащения йодом продуктов питания, коэффициент обогащения.	51
Глава 3. Применение йод-содержащих добавок и лекарственных средств в птицеводстве.	
Йодирование куриных яиц и куриного мяса	53
3.1. Содержание йода в куриных яйцах	53
3.2. Минимальный, максимальный и оптимальный уровни содержания йода в яйцах кур.	55
3.3. Содержание йода в курином мясе.	56
3.4. Исследование эффективности использования разных форм йода в качестве йодирующей добавки в корм. Максимальный уровень содержания йода в корме.	59
3.5. Йодирование куриных яиц. Коэффициент обогащения йодом куриных яиц.	61
3.6. Применение препарата «Монклавит-1» для обогащения йодом куриных яиц.	65
3.7. Максимальная добавка препарата «Монклавит-1» в пищевой рацион кур, не оказывающая негативного воздействия на организм кур.	69
3.8. Кинетика процесса обогащения яиц йодом.	70
3.9. Опыт практического применения препарата «Монклавит» для обогащения йодом яиц кур.	72
3.10. Зависимость толщины скорлупы яиц от содержания йода в пищевом рационе кур-несушек.	78
3.11. Определение стабильности йода в куриных яйцах при кулинарной обработке.	82
3.12. Определение стабильности йода в курином мясе при кулинарной обработке.	85

Глава 4. Применение йод-содержащих добавок и лекарственных средств в производстве молока.	
Йодирование коровьего молока.	88
4.1. Содержание йода в молоке.	88
4.2. Уровень содержания йода в молоке в Санкт-Петербурге.	90
4.3. Минимальный, максимальный и оптимальный уровни содержания йода в молоке.	92
4.4. Обогащение йодом комбикормов коров.	93
4.5. Применение йод-содержащих лекарственных средств.	95
4.6. Йодирование коровьего молока. Коэффициент обогащения йодом молока.	96
4.7. Процесс обогащения молока посредством йодирования корма коров. Йодирование молока специальными добавками.	98
4.8. Применение препарата «Монклавит-1» для йодирования коровьего молока.	98
4.9. Оценка эффекта применения препарата «Монклавит-1» при аэрозольном распылении и алиментарном применении (в соавторстве с к.в.н. Н.А. Михайловым)	103
Библиография:	107

Предисловие ко 2-му изданию

Мировое сообщество накопило огромный опыт по профилактике и борьбе с заболеваниями, вызванными дефицитом йода, методы крайне разнообразны и одним из эффективнейших, хотя и на первый взгляд несколько сложным, является метод обогащения йодом продукции животноводства.

Важным преимуществом предлагаемого метода является ликвидация дефицита йода в питании самих животных и, как следствие, повышение качества продукции и экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Проблема дефицита йода в питании человека, ранее успешно решенная в СССР, в России приняла масштабы, угрожающие национальной безопасности. 50 миллионов россиян страдают от заболеваний щитовидной железы, снижение умственного развития у школьников составляет 11–18% по сравнению с уровнем их зарубежных сверстников. Дефицит этого ключевого для репродуктивной функции человека микроэлемента препятствует решению демографической проблемы. И если подрастающее поколение в России не будет обладать высоким интеллектуальным потенциалом, не удастся преодолеть технологическое отставание страны в наукоёмких областях, несмотря на все усилия правительства. В условиях дефицита йода во много раз возрастает риск радиационно-индуцированных заболеваний щитовидной железы в случае ядерной или радиационной катастрофы, особенно у детей и подростков.

При этом Туркменистан, Армения и Казахстан официально признаны Международным советом по контролю за йоддефицитными заболеваниями устранившими дефицит йода в питании человека, а Белоруссия и Азербайджан близки к получению этого статуса.

В настоящем издании мы собрали обширный справочный материал, результаты исследований отечественных ученых — врачей, химиков, ветеринарных специалистов, сведения из зарубежных научных изданий, а также документации Всемирной Организации Здравоохранения, Международного совета по контролю за йоддефицитными заболеваниями, документов научных подразделений Еврокомиссии.

При обработке этого огромного информационно массива нами были выявлены закономерности, формализованы правила, выведены коэффициенты обогащения продукции и определены методы планирования и прогнозирования процесса обогащения йодом продуктов питания. Также были определены минимальные, оптимальные и максимальные нормы содержания йода в продукции животноводства.

Приводятся также **результаты практического получения йодированной продукции** и фактические данные по содержанию йода в продуктах питания в Санкт-Петербурге и других регионах России.

Материал, охватываемый настоящим изданием, включает сведения из области медицины человека, ветеринарной медицины, биохимии, химии высокомолекулярных соединений, аналитической химии, сельскохозяйственного производства, производства йодированной соли, нормативной и законодательной базы и так далее.

Авторы издания, являющиеся специалистами в области аналитической химии, моделирования химических процессов, технической кибернетики и ветеринарной медицины, активно пользовались консультативной помощью специалистов из указанных областей научного знания, с большим пиететом относились к результатам научных исследований, однако несомненно многие из высокопрофессиональных специалистов обнаружат неточности в настоящей работе.

Настоящее издание было подготовлено на основании многолетних исследований, проводимых сотрудниками физико-химической лаборатории НПК «Техгеосервис» совместно со специалистами предприятия «Оргполимерсинтез» и Санкт-Петербургской Государственной Академии Ветеринарной Медицины по технической и информационной поддержке внедрения современного йод-полимерного лекарственного средства «Монклавит-1» на сельскохозяйственные предприятия России.

Коллектив авторов выражает глубокую признательность руководству компании «Оргполимерсинтез», главному научному сотруднику ГНУ ВНИВИП Россельхозакадемии, профессору, доктору ветеринарных наук Борисенковой Адели Наумовне, профессору

СПБГАВМ, доктору ветеринарных наук Кузнецову Анатолию Федоровичу за неизменную поддержку проводимых исследований, а также главному редактору журнала «Птицеводство» Раисе Степановне Бачковой за публикацию некоторых новых глав книги в формате статьи, в журнале.

Приглашаем всех специалистов к диалогу, рассчитываем на конструктивную критику нашей работы и плодотворное сотрудничество.

Настоящее 2-е издание дополнено результатами производственных опытов по получению обогащенных йодом товарных куриных яиц и куриного мяса при помощи препарата «Монклавит-1», проводившихся в 2010 году. Приведены данные по определению стабильности йода в куриных яйцах и мясе при кулинарной обработке для образцов, йодированных различными способами.

Расширены главы, посвященные содержанию этого важнейшего микроэлемента в продуктах питания. Приводится обзор состояния борьбы с дефицитом йода в России, Белоруссии, Украине, Казахстане, а также в Азербайджане. Добавлена глава о влиянии дефицита йода на развитие патологий при ядерных катастрофах.

*Коллектив авторов,
Санкт-Петербург, Март 2011 г.*

*Если вы хотите уничтожить нацию,
уберите йод из их пищевого рациона.
Это так просто.*

Гай Е. Абрахам, проф. Калифорнийского
университета, Лос-Анджелес, США

Глава 1. Проблема дефицита йода в пищевом рационе человека.

1.1. Введение.

1.1.1 Значение йода для человека, глобальная проблема де- фицита йода.

Йод — незаменимый (эссенциальный) элемент в питании млекопитающих, востребованный для синтеза тиреоидных гормонов щитовидной железы — тироксина Т4 и его активной формы трийодтиронина Т3, регулирующих множество физиологических процессов, включая рост и развитие организма, процессы метаболизма глюкозы, протеина, жира и репродуктивные функции.

В эмбриональном периоде тиреоидные гормоны оказывают исключительное действие на формирование основных структур головного мозга, отвечающих за моторные функции и интеллектуальные способности человека, способствуют формированию «улитки» слухового анализатора.

Основными природными источниками йода для человека являются пищевые продукты. Йоддефицитными заболеваниями называются все патологические состояния, развивающиеся в результате дефицита йода в питании, и которые могут быть предотвращены при нормальном потреблении йода. Однако патологии, вызванные дефицитом йода на этапе внутриутробного развития и в раннем детском возрасте, являются необратимыми и практически не поддаются лечению и реабилитации.

Спектр йоддефицитных заболеваний включает патологии беременности и плода (аборты, мертворождения, врожденные аномалии, кретинизм, психомоторные нарушения, низкорослость, глухонмота), заболевания щитовидной железы (зоб и его осложнения, гипо-

тиреоз, в том числе врожденный, йодиндуцированный тиреотоксикоз), нарушение функции репродуктивной системы (импотенция у мужчин, бесплодие у мужчин и женщин).

В интеллектуальной сфере к клиническим проявлениям дефицита йода относятся: кретинизм, нарушения умственного развития у детей и подростков, нарушения когнитивных (познавательных) функций у взрослых (Широкова, 2005). Показатели умственного развития населения, проживающего в условиях йодного дефицита, снижаются в среднем на 10–15 пунктов IQ, наблюдается пониженная способность к принятию решений, отсутствие инициативы. Регионы с крайне низким уровнем потребления йода характеризуются невысоким уровнем жизни, остановкой в развитии общественных отношений (UNICEF. Iodine deficiency in Europe).

Спектр йоддефицитной патологии (Всемирная Организация Здравоохранения, ВОЗ)

Внутриутробный период	Аборты Мертворождения Врожденные аномалии Повышение перинатальной и детской смертности Неврологический кретинизм (умственная отсталость, глухонмота, косоглазие) Микседематозный кретинизм (умственная отсталость, гипотериоз, карликовость) Психомоторные нарушения
Новорожденные	Неонатальный гипотиреоз
Дети и подростки	Нарушения умственного и физического развития
Взрослые	Зоб и его осложнения Йод-индуцированный тиреотоксикоз
Все возраста	Зоб Гипотиреоз Нарушения когнитивной функции Повышение поглощения радиоактивного йода при ядерных катастрофах

Даже небольшое изменение в уровне тиреоидных гормонов связано со значительными расстройствами психических и когнитивных

функций. Две трети людей с нарушением функций щитовидной железы страдают различными психическими расстройствами.

Субклинический гипотиреоз является фактором риска развития депрессии, а аффективные психические расстройства встречаются чаще среди людей больных зобом, чем у людей без зоба. При наиболее тяжелом течении микседемы наступает снижение памяти и интеллектуальных возможностей, наблюдается потеря прежних навыков, эмоциональная тупость, монотонное благодушие.

При тиреотоксикозе практически у всех больных наблюдаются расстройства эмоциональной сферы, от слабодушия и слезливости до аффективных вспышек гнева.

Более 85 % детей в йоддефицитном регионе имеют отклонения по тем или иным показателям интеллектуально-мнестической сферы. У детей, проживающих в условиях умеренного йод-дефицита, даже после нормализации функции щитовидной железы сохраняются стойкие когнитивные нарушения (Моллаева, 2009).

1.1.2. Проблема дефицита йода в мире.

Недостаточное поступления йода в организм человека — важнейшая проблема мирового масштаба. Согласно данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) 1600 миллионов людей проживают в йоддефицитных регионах, йоддефицитными заболеваниями затронуты более 740 миллионов человек, а около 50 миллионов в той или иной степени страдают от расстройств умственной деятельности, вызванной йодной недостаточностью (Linus Pauling Institute).

К эндемическим йоддефицитным территориям относятся, как правило, горные цепи, аллювиальные равнины, особенно высокогорные, а также регионы, находящиеся на достаточном расстоянии от моря. Однако дефицит йода может обнаруживаться и в больших городах, в том числе в индустриально развитых странах (UNICEF, ICCIDD).

В настоящее время борьба с дефицитом йода координируется в глобальном масштабе Международным советом по контролю за йоддефицитными заболеваниями — МСКЙДЗ (International Council

for Control of Iodine Deficiency Disorders, ICCIDD), работающим в тесном контакте с ВОЗ и ЮНИСЕФ (Детский Фонд ООН).

Для борьбы с дефицитом йода ВОЗ, ЮНИСЕФ и ICCIDD рекомендует использовать йодированную соль. Йодирование соли является методом доступным и дешевым, хотя и не лишенным некоторых недостатков, главный из которых — значительное уменьшение содержания йода в соли с течением времени. Также применяется йодирование растительного масла, хлеба, продукции животноводства.

Серьезные усилия мирового сообщества привели к значительным успехам в борьбе с дефицитом йода, благодаря проделанной работе удалось ликвидировать угрозу развития отклонений в работе мозга у миллионов новорожденных, значительно снизить последствия дефицита йода в странах Европы, Азии, Африки и Америки.

В 95 странах мира, включая Китай, применяется всеобщее йодирование соли, в Индии продажа нейодированной соли запрещена. В Китае, где 90 % семей потребляют йодированную соль, резко снизилась заболеваемость зобом, значительно повысилась школьная успеваемость, исчезли случаи врожденного кретинизма.

В промышленно развитых странах, испытывавших природный дефицит йода (США, Канада, Швейцария, Великобритания, Скандинавские страны, Австралия), реализация программ йодной профилактики привела к ликвидации йод-дефицитных заболеваний (Антонова, 2004). Более 90% домохозяйств в этих странах потребляют йодированную соль. Многие страны Европы законодательно утвердили эффективные меры по борьбе с дефицитом йода, однако в Словении, Венгрии, Греции, Португалии, Франции и Ирландии продолжается борьба с властями за внесение проблемы йододефицита в повестку дня (ICCIDD, newsletter 2010).

Важнейшим источником йода для населения индустриально развитых стран является обогащенная йодом продукция животноводства. Йодирование молока, яиц, мяса осуществляется за счет использования йод-содержащих добавок в пищевом рационе животных, а также применения йод-содержащих лекарственных и дезинфицирующих средств. При этом, за счет ликвидации дефицита йода у самих животных, повышается эффективность сельскохозяйственного производства и качество готовой продукции.

1.1.3. Проблема дефицита йода в России, Белоруссии, Украине, Казахстане и Азербайджане.

Россия:

Более половины территории России относятся к йоддефицитным регионам по содержанию йода в почве и воде. На сегодняшний день около 75% жителей России испытывают дефицит йода различной степени (UNICEF, 2010).

В России распространенность йоддефицитных заболеваний среди городского населения составляет 10–15 %, сельского — 13–35 %, уровень потребления йода составляет 40–80 мкг/день, что в 3 раза меньше рекомендованных норм. В некоторых регионах вновь регистрируются случаи кретинизма.

В нашей стране более 50 миллионов человек страдает различными формами заболеваний щитовидной железы. Ежегодно за медицинской помощью с различными заболеваниями щитовидной железы обращаются более 1,5 миллионов взрослых и 650 тысяч детей. Причиной 65 % случаев заболевания щитовидной железы у взрослых и 95 % случаев у детей является недостаточное поступление йода с продуктами питания.

По словам председателя комиссии Общественной палаты РФ по социальным вопросам и демографической политике Елены Николаевой, сегодня в России практически нет ни одного региона, где бы ни наблюдался дефицит йода у населения.

«Ситуация достаточно плачевна, потому что основную группу риска составляют прежде всего дети — будущее и надежда России. На сегодняшний день индекс IQ у российских детей в среднем на 10% ниже, чем у детей в развитых странах, — отметила Николаева. — Более того, в связи с йодным дефицитом мы ежегодно «теряем» 865 детей вследствие задержки умственного развития. Казалось бы капля в море, однако достаточно ощутимая на фоне плачевной демографической ситуации в стране» (UNICEF, 2010).

Дефицит йода наиболее характерен для высокогорья и равнинных территорий, удаленных от морей и океанов. На таких территориях отмечается пониженное содержание йода во всех объектах биосферы, что, как правило, приводит к массовым нарушениям

метаболизма у человека и животных. Жители 30 регионов России страдают от дефицита йода. К числу йододефицитных регионов относятся и самые крупные города России — Москва и Санкт-Петербург (Киняева, 2009).

Регионы России, где население страдает от дефицита йода:

1. Республика Тыва	11. Московская обл.	21. Кировская обл.
2. Республика Саха-Якутия	12. Москва	22. Липецкая обл.
3. Архангельская обл.	13. Калужская обл.	23. Орловская обл.
4. Кабардино-Балкария	14. Белгородская обл.	24. Оренбургская обл.
5. Тюменская обл.	15. Ярославская обл.	25. Тверская обл.
6. Ханты-Мансийский округ	16. Удмуртия	26. Санкт-Петербург
7. Тульская обл.	17. Республика Коми	27. Ленинградская обл.
8. Воронежская обл.	18. Калмыкия	28. Северная Осетия
9. Тамбовская обл.	19. Красноярск	29. Сахалинская обл.
10. Брянская обл.	20. Новосибирская обл.	30. Республика Карелия

В качестве универсального метода йодной профилактики в России (постановление правительства РФ № 1119 от 05.10.1999) применяется йодированная поваренная (пищевая) соль. Однако в России уровень обеспечения населения йодированной солью ниже даже, чем во многих странах СНГ, — не более 35% домохозяйств использует йодированную соль (ICCIDD, 2010).

Йододефицит в СССР был практически устранен еще в 1960–70-е годы, благодаря эффективной программе, включающей массовое производство (до 1 млн тонн в год) йодированной соли и целенаправленной лекарственной профилактики в отдельных группах риска. Вместе с тем, с прекращением этой программы в период распада Советского Союза в начале 1990-х годов йододефицит вновь стал большой проблемой здравоохранения. К настоящему моменту из 12 стран СНГ уже в 10 государствах приняты нормативные акты по обязательному йодированию соли, а ряд стран (Туркменистан, Армения, Казахстан) официально признаны устранившими дефицит йода в питании (ICCIDD, 2010; Росбалт, 2010).

Исследования продуктов питания, проводившиеся в 2008–2010 годах в Санкт-Петербурге лабораторией НПК «Техгеосервис»,

показывают, что содержание йода в проанализированной продукции животноводства мало и не будет способствовать удовлетворению естественных физиологических потребностей человека в йоде, а также в ряде случаев свидетельствует о дефиците йода у самих животных.

Достаточное содержание этого микроэлемента обнаруживается только в продуктах, позиционируемых производителем как йодированные, однако доля этих продуктов на рынке очень невелика.

6 апреля 2007 г. главный государственный санитарный врач, академик РАМН Геннадий Онищенко в одном из интервью, на вопрос об оптимизации рационов питания заявил: «Я уже говорил документы есть. Нет их исполнения на местах. В этом главная беда. Хотя в субъектах федерации утверждены 82 региональные программы, предусматривающие организацию производства продуктов массового потребления, обогащенных йодом, железом и другими микронутриентами».

Как указывается в Письме № 01/12925–8-32 от 12.11.2008 Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «О состоянии заболеваемости, обусловленной дефицитом микронутриентов» — «Объем производства обогащенной продукции от общего объема производимых продуктов пока недостаточен и не обеспечивает потребности населения в полном объеме... несмотря на реализацию региональных программ, принимаемые меры, направленные на снижение заболеваний, связанных с дефицитом микронутриентов, существенных изменений в решении данной проблемы не произошло.»

Григорий Герасимов, региональный координатор Международного совета по контролю за йододефицитными заболеваниями по странам Восточной Европы и Центральной Азии, д.м.н., профессор: «В большинстве стран мира на государственном уровне принят ряд законодательных мер, предусматривающих обязательное йодирование пищевой поваренной соли или ее использования для производства хлебобулочных изделий и других продуктов (колбасы, сыры). В России же потребление йодированной соли населением крайне мало (не более 30% всех семей), а предприятия, производя-

щие пищевую поваренную соль, обогащают её йодом по собственной инициативе, реагируя на изменчивый спрос. Решить проблему йододефицита можно лишь на государственном уровне, законодательно закрепив повсеместное использование йодированной соли и ограничение оборота нейодированной» (Герасимов, 2010).

В целях реализации государственной экономической политики в области обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации была разработана и утверждена «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации» (Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации»).

Согласно доктрине, продовольственная безопасность является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны, фактором сохранения ее государственности и суверенитета, важнейшей составляющей демографической политики, необходимым условием повышения качества жизни российских граждан (Министерство сельского хозяйства РФ, доктрина продовольственной безопасности РФ, 2010).

Основными задачами обеспечения продовольственной безопасности являются качество и безопасность продуктов питания, их физическая и экономическая доступность. Одним же из показателей продовольственной безопасности является количество белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов, потребляемых человеком в сутки (Доктрина продовольственной безопасности РФ, 2010). Таким образом, снабжение населения продуктами, обеспечивающими потребление йода в соответствие с физиологическими нормами, является одной из составляющих продовольственной безопасности государства.

Одним из препятствий в обеспечении населения России качественными продуктами, удовлетворяющими потребность человека в основных макро- и микроэлементах, является недостаточный уровень инновационной активности в сфере производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия (Доктрина продоволь-

ственной безопасности РФ, 2010). Соответственно, разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство новых эффективных методов и средств обогащения продуктов питания незаменимыми микронутриентами также относится к числу задач обеспечения продовольственной безопасности.

Более того, использование инновационных технологий в сельском хозяйстве позволит решить такие задачи, как повышение почвенного плодородия и урожайности, а также ускоренное развитие животноводства (Доктрина продовольственной безопасности РФ, 2010).

Белоруссия:

Проблема йодной недостаточности является актуальной и для Республики Беларусь, что подтверждается наличием практически повсеместного дефицита йода в почвах и водах страны. По результатам изучения йодной обеспеченности в широкомасштабном исследовании, проведенном под эгидой ВОЗ, Республика Беларусь отнесена к странам с легкой и средней степенью йодной недостаточности (Мохорт и др., 2007).

В основу государственной стратегии по борьбе с йододефицитом положено широкомасштабное использование йодированной соли. На сегодняшний день обеспечение населения йодированной солью в Беларуси составляет 36–69% (ICCIDD, 2010).

Помимо включения йодированной соли в обязательный ассортимент всех предприятий торговли, в республике произведена полная замена нейодированной соли на йодированную в хлебобулочной, мясоперерабатывающей, кондитерской промышленности, начато использование йодированной соли при производстве детского питания (Мохорт и др., 2007).

Однако Беларусь пока не получила статус страны, свободной от йододефицита (Спасюк, 2010).

Более того, по словам начальника отдела выборочных обследований домашних хозяйств Национального статистического комитета Жанны Изверковой в последние годы потребление йодированной соли населением в Беларуси снижается, несмотря на высокий процент обеспеченности домохозяйств этим продуктом. Так, в

2009 году доля домашних хозяйств, употребляющих йодированную соль, составила в целом 27,2% (в городах и поселках городского типа — 28,4%, в сельских населенных пунктах — 24,1%). Для сравнения — в 2003 году 31% домашних хозяйств употребляли йодированную соль, причем в городах и поселках городского типа — 34,8%, в сельской местности — 24,5%. Среди регионов доля домашних хозяйств, употреблявших йодированную соль, варьировалась от 39,2% в городе Минске и Могилевской области до 25,3% в Брестской области (Спасюк, 2010).

Также в стране увеличивается количество детей с особенностями психофизического развития. В 2010 год в банке данных Министерства образования числились 112 137 таких детей. Это 6,9% от общего числа учащихся и на 2289 человек больше, чем в 2009 году (Спасюк, 2010).

Украина:

По данным Института эндокринологии и обмена веществ им. В. П. Комисаренко АМН Украины среднестатистический житель этой страны потребляет в день 40–80 мкг йода, что в 2–3 раза меньше его суточной потребности. Свыше 60% населения Украины проживает в условиях дефицита йода (Йодомарин, 2010). По результатам исследований около 38 млн. украинцев испытывают йодный дефицит различной степени. Из 417 тыс. ежегодно рождающихся детей 341 тыс. имеют врожденный йодный дефицит (Завтра, 2010).

Очень долгое время считалось, что проблема йододефицита существует только в Западных областях Украины, поскольку это горные районы, где водные потоки вымывают йод и пища бедна этим микроэлементом (Маменко, 2010). Традиционно к эндемичным относили 7 западных областей (Волинская, Закарпатская, Ивано-Франковская, Львовская, Ривненская, Тернопольская, Черновицкая) (Завтра, 2010).

Однако на сегодняшний день ситуация значительно ухудшилась – дефицит йода наблюдается практически по всей территории страны, в том числе и в Киеве. Связано это с несколькими причинами. Активная разработка плодородных почв и нерациональная аграрная политика человека привела к снижению концентрации йода в почве

практически всех регионов Украины. Кроме того, минеральные удобрения, которые добавляются в почву для увеличения урожайности культур, связывают йод и мешают корневой системе растений его всасывать. Аналогичный эффект имеет засорение почвы поллютантами, в том числе и тяжелыми металлами. Такая ситуация сложилась не только в Украине, но и во многих странах мира, территория которых удалена от морского побережья (Маменко, 2010).

Основным методом решения проблемы йододефицита в Украине, как и в России, является использование йодированной соли.

В период с 1997 по 2000 год наблюдалась слабая йодная обеспеченность населения — меньше 100 мкг в сутки, и практически вся территория страны была в зоне риска. В 2002 году была принята государственная Программа профилактики йодного дефицита среди населения и по результатам ее внедрения (в 2002–2005 годах) было выявлено некоторое улучшение ситуации. Например, в западном регионе Украины от 60 до 90% населения употребляло йодированную соль, а также другие фармацевтические препараты для предотвращения дефицита. К сожалению, этот результат был временным, поскольку программа не была продолжена (Завтра, 2010).

На сегодняшний день в Украине эндокринологические заболевания, которые связаны с нехваткой микроэлемента йода, занимают лидирующие позиции, а согласно данным статистики — до 2015 года 6 000 украинских детей рождаются с диагнозом кретинизм, 18 000 детей — умственно-отсталыми. В Украине самый низкий уровень решения проблемы йододефицита на государственном уровне. Сегодня в стране не сформирована нормативно-правовая база, которая обеспечивала бы социально-правовую защиту украинским детям. Хотя Украина и подписала Конвенцию о правах ребенка и ратифицировала ее Постановлением Верховной Рады № 789-ХІІ от 27.02.1991, к сожалению, гарантированные конвенцией права в реальной жизни практически не предоставляются (Йодомарин, 2010).

Казахстан:

Для Казахстана проблема йододефицита также является актуальной. В республике (в отдельных ее областях и Алматинской области в частности) наблюдается низкий уровень содержания йода

в почве и воде. Йод недополучают 60–70 % жителей Восточно-Казахстанской области, в Западном Казахстане эта цифра составляет 30–35 %, на юго-востоке республики — 40 % (Василенко, 2008).

Дефицит йода — для Казахстана не новая проблема. В настоящее время в стране налажен процесс йодирования соли и хлеба, разработаны нормы, технологии, организовано производство йодированных продуктов питания (Василенко, 2008).

Процент домохозяйств, обеспеченных йодированной солью, в республике составляет 70–89% (ICCID, 2010).

Азербайджан:

Проблема дефицита йода актуальна и в Азербайджане. Около 40% населения Азербайджана испытывают проблемы со здоровьем в связи с нехваткой йода (Алиева, 2010).

В 2001 году в стране была принята специальная программа в связи с этой проблемой; в 2002 — Закон «Об обязательном йодировании соли»; в 2003 году был введен запрет на ввоз в Азербайджан нейодированной соли (Ахмедова, 2010).

Однако, несмотря на этот запрет, в Азербайджан продолжает поступать из-за рубежа нейодированная или же йодированная в недостаточной степени соль. По словам председателя Союза свободных потребителей Азербайджана Эйуба Гусейнова йодированная соль составляет менее 50 процентов от общего объема данной продукции, реализуемой в Азербайджане (Ахмедова, 2010).

«Несмотря на то, что в результате принятых мер в 2001–2008 годах объемы реализации на азербайджанском рынке йодированной соли возросли с 20 до 85 процентов, сегодня ситуация является неблагоприятной — йодированная соль составляет на рынке менее 50 процентов от общего объема данной продукции», — сказал Гусейнов.

Более того, по словам заведующего кафедрой питания Азербайджанского медицинского университета, национального координатора программы по борьбе с йододефицитом Ибрагима Ахмедова последнее исследование, проведенное его лабораторией в 2008–2009 годах, показало, что лишь в 47% азербайджанской продукции используется качественная йодированная соль, 10–11% продукции

вообще не йодируется, а на оставшийся процент продуктов питания приходится некачественная йодированная соль (Алиева, 2010).

«На сегодняшний день установлено, что в том случае, если более 90% населения страны будет потреблять качественную йодированную соль, то в этом случае можно будет говорить о ликвидации проблемы йододефицита в Азербайджане», — сообщил И.Ахмедов.

Консультант Детского Фонда ООН — UNICEF по странам Центральной и Восточной Европы, СНГ и Балтии, профессор, доктор медицинских наук Григорий Герасимов: «Сегодня йодированная соль используется практически повсеместно, в том числе на континентах Южной и Северной Америки, в Китае. Что касается стран постсоветского пространства, то в 10 из 12 республик борьба с йододефицитом проводится на государственном уровне, Азербайджан в этом смысле занимает лидирующие позиции.»

«Еще один важный момент, о котором нельзя не сказать — это обеспечение полноценного питания, богатого йодом, беременных женщин. Но насколько мне известно, в вашей стране многие беременные женщины недополучают этот важный элемент», — сообщил Г. Герасимов. По его словам, производство и обеспечение населения йодированной солью в 2007 году в Азербайджане составляло 85,8%, но из них только 29% соли соответствовали ГОСТу, а в 2009 году эта цифра достигла 93,3%, но ГОСТу соответствовали только 23,8% (Алиева, 2010).

1.2. Рекомендуемые и максимальные уровни потребления йода.

Ежедневное потребление менее 50 мкг йода может привести к развитию йододефицитных заболеваний (WHO, 1996). К тяжелым последствиям приводит дефицит йода у беременных женщин — так, эндемический кретинизм (более 1 миллионов зарегистрированных случаев в Европе, 11 миллионов во всем мире) связан с потреблением беременными женщинами менее 25 мкг йода в день (SCF, 2002).

Рекомендованное ВОЗ ежедневное потребление йода составляет 150 мкг для взрослых. Для новорожденных, детей и подростков установлены меньшие рекомендованные нормы, зависящие от веса

и потребности организма в йоде на разных этапах развития. Беременные и кормящие женщины нуждаются в большем количестве йода — 200 мкг/сутки (Iodine. WHO).

ЮНИСЕФ и ICCIDD же рекомендуют беременным потреблять йод в количестве 250 мкг/сутки (WHO, UNICEF & ICCIDD).

Рекомендуемые нормы потребления йода, принятые ВОЗ, США, ЕС и Россией, приведены в таблице 1.2.1 и 1.2.2.

Таблица 1.2.1.

Рекомендуемая норма потребления йода (мкг/сутки)

Возраст, физиологическое состояние	ВОЗ, 2001 (Thomson, 2002) мкг	Возраст, физиологическое состояние	ЕС, 1993 (SCF, 1993) мкг
0–6 мес.	90	0–6 мес.	не определен
7–12 мес.	90	7–12 мес.	50
1–5 лет	90	1–3 года	70
6–12 лет	120	4–6 лет	90
13–19 лет	150	7–10 лет	100
		10–19 лет	120–130
Взрослые	150	Взрослые	130
Беременные	200	Беременные	130
Кормящие	200	Кормящие	160

Таблица 1.2.2.

Рекомендуемая норма потребления йода (мкг/сутки)

Возраст, физиологическое состояние	США, 2001 (Linus Pauling Institute) мкг	Возраст, физиологическое состояние	Россия, 1991 (Минздрав СССР, 1991) мкг
0–12 мес.	110–130	0–12 мес.	40–50
1–8 лет	90	1–6 лет	60–80
9–14 лет	120	7–13 лет	100
15–19 лет	150	14–17 лет	130
		18–19 лет	150
Взрослые	150	Взрослые	150
Беременные	220	Беременные	180
Кормящие	290	Кормящие	200

При выполнении международных и национальных программ по борьбе с дефицитом йода было отмечено, что увеличение потребления йода в ряде случаев, особенно в йоддефицитных регионах, привело к увеличению заболеваний щитовидной железы. Статистика показывает, что у части населения может наблюдаться негативный эффект от избыточного потребления йода с пищей, водой или медицинскими препаратами (SCF, 2002).

В многих странах установлен, кроме рекомендуемого, также и максимальный уровень потребления йода, который при этом не является границей токсичности и может быть превышен на короткое время, но не применяется для людей страдающих заболеваниями щитовидной железы.

Максимальный безопасный уровень потребления йода, установленный ВОЗ, составляет 1000 мкг/сутки. Уровни, принятые в США и Евросоюзе, приводятся в таблице 1.2.3.

Таблица 1.2.3.

Максимальный уровень потребления йода (мкг/сутки)

Возраст, физиологическое состояние	ЕС, 2002 (SCF, 2002)	Возраст, физиологическое состояние	США, 2001 (Linus Pauling Institute)
1–3 года	200	1–3 года	200
4–6 лет	250	4–8 лет	300
7–10 лет	300	9–13 лет	600
11–14 лет	450	14–18 лет	900
15–17 лет	500	Более 19 лет	1100
Взрослые	600	Взрослые	1100
Беременные	600	Беременные	900
Кормящие	600	Кормящие	1100

Следует отметить значительное превышение принятых в США рекомендуемых норм и максимального уровня потребления йода над нормами, принятыми в ЕС и в России. В решениях Ев-

рокомиссии наблюдается постоянное ограничение и уменьшение норм и максимальных уровней потребления йода, вводятся новые ограничения на содержание йода в пище сельскохозяйственных животных, в то время как США и Великобритания последовательно увеличивают фактическое потребление йода населением, широко применяя йодирование молока, яиц и мяса. Йодированная соль в США и Канаде содержит почти в 2 раза больше йода, чем в России (Linus Pauling Institute). В США хлеб содержит примерно в 20 раз больше йода, чем в России (Hardmann, 2005). Политика же снижения содержания йода в продуктах питания, использования в пище ингибиторов усвоения йода, ограничение применения препаратов йода в медицинской практике некоторыми экспертами в США сравнивается с биотерроризмом (Abraham, 2005).

Государственная политика «йодофобии» приводит к возникновению дефицита йода в пищевом рационе жителей даже индустриально развитых стран, ранее уже справившихся с дефицитом этого микроэлемента. Так, в Австралии отказ от применения йодсодержащих антисептиков для обработки вымени дойных коров привел к снижению содержания йода в молоке и к возникновению проблемы йод-дефицита в ранее благополучных по этому признаку регионах.

1.3. Потребление йода организмом человека, содержание йода в основных пищевых продуктах.

Основными природными источниками йода для человека и животных являются пищевые продукты и вода.

Йод содержится в атмосфере, но даже в областях у моря его концентрация не превышает 0,05 мкг/м.куб, а в среднем же она колеблется от 0,01 до 0,02 мкг/м.куб. Содержание йода в питьевой воде не превышает 15 мкг/л, тогда как в морской воде оно составляет около 50 мкг/л. Морская соль содержит около 1400 мкг/кг йода.

Индивидуальное потребление в среднем из воздуха составляет — 0,5 мкг/день, из воды — 8–30 мкг/день. Употребление морепродуктов, йодированных продуктов и йодированной соли существенно увеличивает потребление этого микроэлемента.

Максимальное содержание йода характерно для морепродуктов: рыба содержит в среднем 1220, макс. до 2500 мкг/кг; моллюски — в среднем 800 мкг/кг, макс. до 1600 мкг/кг; морские водоросли — 1000–2000 мкг/кг. Содержание йода в рыбьем жире может достигать 7000 мкг/кг. Пресноводная рыба содержит около 50 мкг/кг йода (Агрохимиздат, 1987).

Содержание йода в продуктах растениеводства варьируется в зависимости от геохимических, почвенных условий региона. Овощи в среднем содержат 30 мкг йода/кг; фрукты — 20 мкг/кг; продукты, получаемые из злаков, — 50 мкг/кг (SCF, 2002). Свежие шампиньоны содержат около 120 мкг/кг йода (Агрохимиздат, 1987).

Содержание йода в продуктах животноводства и птицеводства зависит от содержания йода в пищевом рационе животных и может значительно различаться. Как правило, продукты, полученные на территориях с дефицитом йода, практически йода не содержат.

Содержание йода в йодированных продуктах животноводства и птицеводства: молоко — как правило, не превышает 500 мкг/л (см. главу 4); мясо — макс. до 180 мкг/кг; мясо кур — макс. до 400 мкг/кг (см. пункты 3.3., 3.12); куриные яйца — макс. до 60 мкг/яйцо.

При этом следует обратить внимание, что кулинарная обработка снижает содержание йода в пище: жарка/гриль — на 20–23 % (WHO, 1996); варка рыбы, мяса — до 90% (в среднем — на 50%); кипячение молока — на 25 %; выпечка хлеба — на 80% (Лифляндский, 2006). При некоторых видах обработки пищевых продуктов технологические потери йода могут составлять до 90 % (Минздрав СССР, 1991).

Главные природные факторы и их сочетания, которые определяют содержание йода в пище и воде и, соответственно, определяют поступление йода в организм человека, указаны в таблице 1.3.1. (Виноградов, 1950).

Таблица 1.3.1.

Факторы, обеспечивающие достаточный уровень йода в среде обитания и исключающие эндемию зоба	Факторы, способствующие возникновению эндемического зоба благодаря низкому содержанию йода в среде
близость моря	местности в глубине континента и горы
чернозёмы и другие почвы с высоким содержанием органического вещества	подзолистые, особенно песчанистые почвы
преобладание испарения над поглощением влаги	преобладание осадков над испарением
минерализованные, артезианские воды	пользование поверхностными водами
морская пища в пищевом рационе	местные растительные продукты питания, выращенные на почвах с дефицитом йода

1.4. Факторы, усиливающие влияние дефицита йода

Йоддефицитные состояния у человека могут возникать и при достаточном уровне поступления йода в организм, но при недостатке селена, железа, витамина А, а также в присутствии в рационе питания и окружающей среде зобогенов, веществ способствующих возникновению заболеваний щитовидной железы. Метаболизм йода и гормонов щитовидной железы является многостадийным, при этом каждый из ферментов, участвующих в цепочке реакций, может быть объектом воздействия ксенобиотиков (Широкова и др., 2005).

К зобогенным веществам относятся тиоцианаты, флавоноиды, серосодержащие тионамиды и другие вещества, содержащиеся в крестоцветных (капuste, брюкве), в некоторых сортах бобовых, сое, просе, рапсе (Национальный доклад, 2005). При использовании в кормах животных и пищи человека указанных сельскохозяйственных культур или наличии иных зобогенных факторов рекомендуется увеличить поступление йода с пищей, чтобы скомпенсировать зобогенный эффект.

Исследования биологической активности соединений йода на электронно-биологическом уровне показали, что его активность всегда связана с положительной одновалентной формой, т.е. со степенью окисления $\sim 1+$ (Мохнач, 1962б, 1968).

Вещества, содержащие серу, могут обладать зобогенным эффектом (Gaitan, Мохнач, 1974). Сера входит в состав «классических» анти tireоидных веществ — тиомочевины, её гомологов и ряда других веществ.

Исследования спектров поглощения растворов тироксина при воздействии тиомочевины показывают, что биологически активная положительно одновалентная форма йода превращается в неактивную. Можно допустить, что содержащие серу вещества вызывают зоб не непосредственно, а путём сходного с тиомочевинной действия на тиреоидные гормоны. (Мохнач, 1974).

Тиомочевина, нитраты, соли тяжелых металлов оказывают ингибирующее действие на биосинтез гормонов Т3 и Т4, что еще раз подчеркивает необходимость экологического мониторинга региона, а также важности тщательного контроля кормов животных (Васильева, 2009).

Для снижения количества нитратов в растительном сырье можно было бы рекомендовать использование современных микроэлементных удобрений. Так, удобрение «Аквадон-Микро» позволяет значительно снижать количество вносимых нитратов при сохранении и даже увеличении урожайности культур.

Микроэлемент селен, как и йод, является эссенциальным и входит в структуру селенозависимых дейодиназ йодтиронина, производящих активацию (перевод тироксина в его активную форму — трийодтиронин) и инактивацию тиреоидных гормонов в тканях организма.

Так, например, почвы и сельхозпродукция Республике Беларусь бедны селеном, и широкомасштабное йодирование соли, приведшее практически к четырехкратному увеличению экскреции йода с мочой обследуемых учащихся средних школ, не сопровождалось сколько-нибудь существенным снижением частоты увеличения щитовидной железы, выявляемого у 20,6 % детей (Национальный доклад, 2006).

Железо является активным центром тиреопероксидазы, ответственной за перевод йода в органическую форму и связывание йодированных остатков тирозина с тиреоглобулином.

Витамин А играет важную роль в синтезе тиреоглобулина, выполняющего роль основного депо йодсодержащих гормонов в щитовидной железе (Национальный доклад, 2005).

Нехватка цинка, меди, ванадия также является зобогенным фактором и может усилить эффект дефицита йода (SCF, 2002).

Вода из источников, содержащая гуминовые вещества, также блокирует процесс усвоения йода (SCF, 2002). Усвоение организмом йода снижается при курении.

При наличии в рационе питания и окружающей среде зобогенных факторов ВОЗ рекомендует увеличить потребление йода для взрослых до 200–300 мкг/сутки.

1.5. Влияние дефицита йода на развитие патологий при ядерных катастрофах.

1.5.1. Радиоактивные изотопы йода, цезия и стронция

При авариях на предприятиях ядерно-энергетического комплекса наибольшую биологическую опасность представляют радиоактивные изотопы йода (^{131}I), цезия (^{137}Cs) и стронция (^{90}Sr).

Цезий-137 по химическим свойствам близок к калию, при попадании в организм хорошо всасывается, циркулирует по организму, равномерно облучая все органы, депонируется в основном в мышцах, в меньшей степени — в почках, сердце, легких и печени. Стронций-90 по химическим свойствам близок к кальцию, накапливается в костной ткани. Период полураспада у цезия-137 и стронция-90 — около 30 лет.

При реакциях деления урана и плутония образуются 20 радиоизотопов йода, изотопы $^{131-135}\text{I}$ характеризуются большим выходом в реакциях деления, высокой миграционной способностью и биологической доступностью. При выбросах радиоактивный йод представлен на 95% органическими соединениями.

На короткоживущие изотопы $^{132-135}\text{I}$ (с периодом полураспада соответственно: 2,3 часа, 20,8 часов, 52,6 мин., 6,61 часов) приходится 90 % выбросов, ^{131}I — обладает периодом полураспада около 8 суток. Другие изотопы йода имеют малое токсикологическое значение из-за малых сроков жизни. В реакциях деления образуется и «вечный» радиоизотоп йода — ^{129}I с периодом полураспада около 16 млн. лет (Василенко, 2003).

Радиоактивный йод как источник внешнего и внутреннего облучения был основным поражающим фактором в начальный период аварий в Уиндсейле (Великобритания, 1957 г.), Тримайл Айленде (США, 1979 г.) и Чернобыле в (СССР, 1986 г.).

Авария в Чернобыле продемонстрировала, что значительные дозы радиоактивного йода могут выпадать и в сотнях километрах от места выброса, в то время как при испытаниях ядерного оружия радиоизотопы йода выпадали, как правило, в ближних зонах.

В случаях ядерных катастроф основными путями поступления радиойода в организм человека были молоко, свежие молочные продукты и листовые овощи, имеющие поверхностное загрязнение. Однако токсичность радионуклида при ингаляционном поступлении примерно в 2 раза выше из-за большой площади контактного бета-облучения (Василенко, 2003).

Изотопы йода, попадающие в организм человека и животных вместе с зараженным воздухом, пищей и водой, активно захватываются щитовидной железой, которая получает дозу облучения в 1 000–10 000 раз большую по сравнению с другими органами. При **дефиците йода** в питании процесс накопления радиоактивного йода в щитовидной железе происходит наиболее интенсивно. Выводится радиойод через почки.

1.5.2. Эффекты внешнего и внутреннего облучения щитовидной железы.

Вредные для организма эффекты при радиационном поражении делятся на детерминированные («неизбежные») и стохастические («случайные, вероятные»).

Детерминированные эффекты проявляются только после определенных пороговых доз и связаны с гибелью большого числа кле-

ток. Стохастические эффекты не имеют дозового порога возникновения, вероятность их возникновения пропорциональна дозе, но тяжесть их проявления не зависит от дозы. С увеличением дозы повышается не тяжесть этих эффектов, а риск их появления. То есть любой сколь угодно малый уровень облучения обуславливает определённый риск возникновения стохастических эффектов.

Детерминированный эффект от действия радиоактивных изотопов йода: поглощенная щитовидной железой доза облучения в несколько Грей (джоуль/кг) приводит к радиационному повреждению тиреоидного эпителия, сосудистых и нервных образований железы и развитию гипотериоза. Дозы в несколько Грей на практике могут быть получены только рядом с эпицентром радиационной или ядерной катастрофы.

Стохастический эффект: даже сравнительно небольшие дозы облучения (от 10 мГр) могут приводить к развитию доброкачественных узловых образований и рака щитовидной железы. У детей и женщин опухоли возникают в 2–2,5 раза чаще, чем у мужчин. Возможны нарушения эндокринного статуса организма, развитие опухолей в других эндокринных органах и в органах, имеющих тесную функциональную связи с щитовидной железой (молочных железах, гонадах).

При малых дозах облучения скрытый период может достигать у взрослых 25 лет, у детей — 10 лет. При аварии в Чернобыле опухоли возникали через 2–3 года в значительно большем количестве, по сравнению с прогнозом. Эксперты полагают, что это связано с эндемичностью территории по зобу — следствием дефицита йода в питании (Василенко, 2003).

По прошествии нескольких лет после Чернобыльской аварии было зарегистрировано около 5 000 случаев рака щитовидной железы у детей, которым во время аварии было до 18 лет (ВОЗ, 2006), при этом максимальный рост заболевания отмечался у детей, которым на момент аварии не исполнилось 10 лет (Национальный доклад, 2006).

1.5.3. Защитный эффект йодной профилактики при ядерных катастрофах.

В случае опасности радиоактивного заражения населению и животным назначаются фармакологические дозы **стабильного (^{127}I)**

нетоксичного йода блокирующие захват радиоактивного йода. Фармакологическая доза примерно в 1000 раз больше физиологической (таблица 1.5.1.). В РФ применяется йодистый калий (KI).

Калия йодат (KIO₃) обладает сильными раздражающими свойствами для кишечника и используется для йодирования поваренной соли.

Для расширения арсенала средств защиты щитовидной железы от радиоизотопов йода в дополнение к йодиду калия рекомендуются другие препараты йода: раствор Люголя и 5% настойка йода (Министерство Здравоохранения РФ, 1993). Однако в случае **передозировки или неправильного применения** эти токсичные спиртовые и водные растворы могут привести к отравлению, химическим ожогам или даже к смерти.

Препараты стабильного йода не являются «антидотами радиации», они не защищают от внешнего облучения и других радиоактивных веществ, кроме радиоактивного йода. Их следует принимать только при наличии четких медико-санитарных рекомендаций, по указанию органов Гражданской Обороны и Чрезвычайных Ситуаций в строго определенной дозировке (ВОЗ, 2011). Рекомендуется проконсультироваться с врачом.

Основой же профилактики является отсутствие в рационе зараженных продуктов питания, особенно потребляемого детьми молока, а также воды. Для защиты от зараженного воздуха, как правило, достаточно 1 дозы стабильного йода, дающей защиту на 1 день пока не пройдет радиоактивное облако, если опасность сохраняется — назначают повторные дозы (WHO, 1999).

Таблица 1.5.1.

Рекомендованная дозировка стабильного, нетоксичного йода (WHO, 1999)

Возрастная группа	Йод, мг	Калия йодид, мг
Взрослые и подростки старше 12 лет	100	130
Дети от 3 до 12 лет	50	65
Дети от 1 месяца до 3 лет	25	32
Новорожденные до 1 месяца	12,5	16

Йодная профилактика у новорожденных, младенцев и детей:

Новорожденные — наиболее чувствительная к облучению группа, дети и подростки — группа высокого риска возникновения стохастических эффектов от радиационного поражения. Прием препаратов проводится ежедневно до прекращения поступления радиоактивного йода в организм. В случае появления кожной сыпи после первой дозы от последующего приема препарата стоит воздержаться.

Беременным и кормящим женщинам назначается та же доза, что и другим взрослым.

Щитовидная железа беременной женщины накапливает радиоактивный йод более высокими темпами, чем у других людей, однако щитовидная железа плода блокируется при приеме йодида калия матерью. Количество доз должно быть минимизировано, не ожидается негативных последствий от приема 1–2 доз стабильного йода (WHO, 1999, 2011).

Взрослые моложе 40 лет: Риск возникновения рака щитовидной железы после захвата радиоактивного йода невелик. Незначительным является и риск возникновения побочных эффектов после приема разовой дозы стабильного йода. От многократного принятия препаратов йода следует воздержаться.

Прием 100 мг KI блокирует в день приема поглощение радиоактивного йода щитовидной железой на 95 %. В последующие дни прием 15 мг KI поддерживает блокаду щитовидной железы на 90 % (Verger P, Aurengo A, Geoffroy B, Le Guen B., 2001).

Взрослые старше 40 лет: Риск возникновения рака щитовидной железы после захвата радиоактивного йода близок к нулю (ВОЗ, 2011). Риск от приема высокой дозы стабильного йода существенен из-за возможности манифестации гипертиреоза на фоне узелковых образований щитовидной железы. Йодная профилактика этой группе лиц показана лишь в исключительных случаях при большой дозе возможного облучения (Герасимов, 2003).

Противопоказания к назначению препаратов йода (WHO, 1999)

- Заболевания щитовидной железы (в том числе в анамнезе), гипотериоз;
- Повышенная чувствительность к йоду;

- Герпетиформный дерматит;
- Гипокомплементемический васкулит.

Возможны осложнения у людей с почечной недостаточностью (ВОЗ, 2011).

Эффективность применения профилактических мер была продемонстрирована в Польше, где после аварии в Чернобыле 10 миллионов детей получили разовую дозу стабильного йода. Также 7 миллионов взрослых, несмотря на отсутствие рекомендаций, приняли разовую дозу йода. Частота серьезных осложнений после йодной профилактики составила 1 случай на 10 млн. детей и 1 случай на 7 млн. взрослых. За все прошедшие годы в Польше не было отмечено увеличения заболевания раком щитовидной железы у детей (Герасимов, 2003).

Так как защитный эффект фармакологических доз йода наступает не мгновенно, то прием указанных препаратов наиболее оправдан за несколько часов до попадания в зону заражения, что, однако, не всегда возможно. Прием стабильного йода в первые сутки облучения имеет меньший защитный эффект.

Таблица 1.5.2.

**Защитный эффект проведения йодной профилактики
в зависимости от времени приема препарата стабильного йода**
(Министерство здравоохранения РФ,
Приказ № 20 от 24 января 2000 г.)

Время приема препарата стабильного йода	Фактор защиты, %
За 6 часов до ингаляции радиоактивного йода	100
Во время ингаляции радиоактивного йода	90
Через 2 часа после разового поступления радиоактивного йода	10
Через 6 часов после разового поступления радиоактивного йода	2

Так как при ядерной катастрофе в условиях йодного дефицита в сотни раз возрастает риск радиационно-индуцированных заболева-

ний щитовидной железы, постоянная профилактика дефицита йода является важнейшим элементом защиты населения, особенно проживающего вблизи атомных электростанций и в радиационно опасных регионах (Национальный доклад, 2006).

Кроме того, крайне целесообразно проведение индивидуальной йодной профилактики (200 мкг йода в день) у работников радиационно небезопасных объектов (Герасимов, 2003).

1.6. Биологически активная форма йода.

Для нахождения путей решения проблемы йод-дефицита крайне важно понимать биохимическую природу активности йода. Огромная, основополагающая работа в этой области была проделана советским ученым Владимиром Онуфриевичем Мохначем.

В пунктах 1.5 и 1.6. приводятся выдержки из работ этого выдающегося ученого.

В своих трудах он указывает, что для понимания механизма биологического действия йода необходимо рассматривать проблему на электронно-биологическом уровне. Исследование же проблемы на молекулярном уровне не может раскрыть зависимости функции йода от его структуры.

«Растворы элементарного йода, как показывают их спектры поглощения в разнообразных растворителях, как ионизирующих, так и апротонных, всегда диссоциированы. Свободного йода в виде симметричной молекулы I_2 на свете не существует, и это — миф, продукт непоследовательной мысли.

Именно растворы молекулярного йода представляют сложные, иногда очень трудно поддающиеся интерпретации ионные системы, уж во всяком случае более трудные, чем растворы йодидов.»

Принимая это во внимание, можно допустить, что молекула I_2 в кристаллическом состоянии имеет вид $I^{-1+} \dots I^{-1}$. Присутствие I^{-1+} в кристалле экспериментально показал Мохнач (1974) при исследовании спектров поглощения растворов кристаллического йода в сверхрастворителях (в диметилформамиде и диметилсульфоксиде).

«Все соединения йода, заключающие его в степени окисления $\sim 1+$, обладают биологической активностью, в частности антисепти-

ческими свойствами, а также цветностью. Все соединения йода, заключающие его в других степенях окисления, не обладают ни биологической активностью, ни цветностью, если этими свойствами не отличаются другие компоненты молекулы. Эта закономерность распространяется на всю группу галогенов, т.е. на фтор, хлор, бром и предположительно — астат (Мохнач, 1968).

Поскольку биологически активной формой йода является его положительно одновалентная форма, возможность превращения $I^- \rightarrow I^+$ представляет огромный интерес. В пользу возможности такого превращения говорит существование в организме высших животных и человека йодид-оксидаз — ферментов, окисляющих йодиды с превращением их, как принято думать, в молекулярный йод. Как нами показано, молекула I_2 в реальном мире существует в виде $n \cdot H_2O [I^+ \dots I^-]$, т.е. содержит I^+ . Таким образом, сущность ферментативного окисления йодидов, видимо, и состоит в превращении $I^- \rightarrow I^+$, так как ничто не говорит за возможность появления при этом йода в более высоких степенях окисления, к тому же физиологически неактивных и вряд ли нужных организму. Можно допустить, что йодиды (I^-) представляют в организме форму латентную, запасную, которая, будучи нейтральной, неактивной, безопасной, может накапливаться в организме в значительных количествах и, по мере надобности, с помощью йодид-оксидаз превращается в физиологически активную положительно одновалентную форму. Принимая во внимание возможность подобных превращений йода в организме, можно допустить получение антисептического эффекта при введении в организм неактивных йодидов.»

Включение йода-йодида в состав высокополимеров вызывает поразительное изменение его свойств: йод полностью утрачивает раздражающие и токсические свойства, но полностью сохраняет свою активность как микроэлемент и антисептик, а его антимикробное действие усиливается. «Это явление объясняется, по-видимому, тем, что водные растворы йода-йодида в присутствии высокополимеров представляют равновесные системы, которые содержат оксианион $IO^- (I^+)$ в более высоких концентрациях, чем такие же растворы йода-йодида без высокополимеров.» (Мохнач, 1974).

Благодаря этому эффекту высокополимерные препараты йода колоссально расширили сферу применения йода в медицине, ветеринарии и пищевой промышленности.

При этом необходимо отметить, что при включении йода в белковую молекулу йод обесцвечивается и полностью теряет свои антисептические свойства.

1.7. Гормональная роль йода.

Бесчисленные экспериментальные и клинические исследования показали, что йод является совершенно незаменимым и специфическим компонентом тиреоидных гормонов. Как известно, йод может быть замещён в молекулах тиреоидных гормонов любым из элементов VII группы периодической системы (фтор, хлор, бром, астат). Однако ни один из этих элементов не может заменить йода без тяжелейших нарушений гормональной функции щитовидной железы.

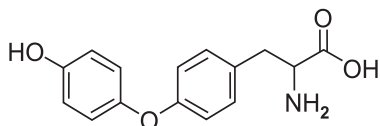
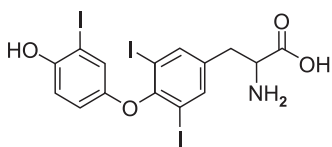


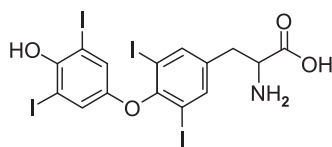
Рис. 1.6.1. Молекула тироинина.

Очевидно, что ни сам тиронин, ни детали его структуры (-ОН, -О, аланиновый остаток) сами по себе не имеют непосредственного отношения к специфическому действию тиреоидных гормонов. Последнее, по-видимому, связано с йодом.

Однако только присутствия йода в молекуле тироинина недостаточно для получения гормонального эффекта.



3,3',5'-трийодтироинин — T₃



3,3',5,5'-тетрайодтироинин, тироксин — T₄

Рис. 1.6.2.

Экспериментальные и клинические исследования дали возможность установить парадоксальный факт: T_3 , заключающий в своей молекуле на 25% йода меньше, чем тироксин, при совершенно тождественной структуре скелета обладает в 3–5 раз более сильным гормональным действием! Отсюда следует, что количество йода в тирониновой молекуле, как сказано было раньше, не определяет энергии действия гормона. Эти важнейшие различия в свойствах йодзамещённых тиронинов, очевидно, объясняются различным положением атомов йода в молекуле тиронина.

Все тирониновые структуры, обладающие гормональной активностью, заключают йод в положениях 3 и 5, и, наоборот, все йодтирониновые структуры, в которых присутствует только один атом йода во внутреннем бензольном кольце, лишены гормонального эффекта. Атомы йода в других положениях — 3', 5' — не связаны с гормональным эффектом. Важно подчеркнуть, как это показано в работах Мохнача, что в молекулах всех активных йодтиронинов йод содержится в двух степенях окисления, и, что биологическая активность гормонов связана с присутствием атомов йода в степени окисления 1+ во внутреннем бензольном кольце. Однако наличие таких атомов обуславливает гормональную активность только в тирониновых структурах. Дийодтирозин, несмотря на полное сходство структуры с внутренним кольцом гормонов, гормональным эффектом не обладает.

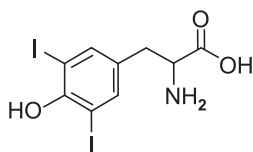


Рис.1.6.3. 3, 5-дийодтирозин.

Сказанное позволяет сделать следующий вывод: для осуществления тиреоидной гормональной активности необходимо и достаточно, чтобы во внутреннем бензольном кольце тиронина атомы водорода в положениях 3 и 5 были замещены атомами йода, один из которых (или оба) должен находиться в состоянии окисления $\sim 1+$ (Мохнач, 1974).

1.8. Негативный эффект, вызванный избыточным потреблением йода

Как было указано выше, форма соединения йода определяет тип и степень возможного негативного эффекта при избыточном потреблении. Например, разовая доза йода от 1 грамма (в форме раствора Люголя) является, как правило, смертельной для человека. В составе же йод-полимерных препаратов йод теряет свои токсические и раздражающие свойства, но сохраняет активность как микроэлемент и антисептик. Йод в соединениях с белком молока теряет антисептические свойства.

Фармакологическими дозами йода считаются дозы от 1000 мкг, содержащиеся в виде органических или неорганических составляющих в препаратах, используемых в терапевтических и диагностических целях (антиаритмический препарат амиодарон, рентгеноконтрастные вещества), а также в качестве профилактического средства при ядерных катастрофах.

Однако жители северного побережья Японии, чья диета включает большое количество морских водорослей, потребляют в день 50000–80000 мкг без вреда для здоровья (SCF, 2002; Linus Pauling Institute). Средний уровень потребления йода в Японии составляет 13800 мкг/сутки.

Избыток йода, поступающий в сравнительно небольших дозах из йодированных продуктов и соли, может, как и йодная недостаточность, привести к развитию патологий.

В течение небольшого временного промежутка при потреблении 1700–1800 мкг/день (30 мкг/кг веса тела) происходит изменение уровня тиреоидных гормонов в организме, не приводящее, как правило, к негативному клиническому эффекту у людей с нормальным функционированием щитовидной железы (SCF, 2002).

Патологии связанные с избыточным потреблением йода:

- Зоб, неонатальный гипотиреоз (эффект Вольфа-Чайкова).
- Йод-индуцированный тиреотоксикоз.
- Аутоиммунные заболевания щитовидной железы.
- Йодизм.

При избыточном потреблении йода в течение длительного времени возможно возникновение йод-индуцированного гипотиреоза (эффект Вольфа-Чайкова), в этом случае щитовидная железа блокирует синтез трийодтиронина Т₃, что позволяет в условиях избытка йода избежать тиреотоксикоза.

Эффект Вольфа-Чайкова и, соответственно, развитие неонатального гипотиреоза наблюдается в том числе и у новорожденных в случае потребления матерью избыточного количества йода во время беременности.

Следует отметить, что некоторые американские ученые отрицают существование данного эффекта и связывают возникновение гипотиреоза с иными причинами (Abraham, 2005).

Йод-индуцированный тиреотоксикоз может возникать при наличии патологий щитовидной железы — автономных гиперфункционирующих участков, которые лишают ткани щитовидной железы возможности проявления компенсаторного эффекта Вольфа-Чайкова (WHO, UNICEF).

Увеличение случаев йод-индуцированного тиреотоксикоза наблюдается на йод-дефицитных территориях преимущественно у лиц старшей возрастной категории после начала коррекции дефицита йода и в отсутствии должного мониторинга качества йодированных продуктов (WHO; SCF, 2002), однако через несколько лет после начала широкомасштабной йодной профилактики количество этих случаев снижается до исходных показателей (по материалам сайта «Гиронет»).

В странах ЕС Научный Комитет Питания Еврокомиссии снижает максимальный уровень потребления йода на йоддефицитных территориях на 15 % до 500 мкг/сутки с целью предотвращения тиреотоксикоза (SCF, 2002).

Многие эксперты также связывают избыточное потребление йода с развитием аутоиммунных заболеваний щитовидной железы.

Таблица 1.8.1.

Уровни потребления йода в течение длительного (!) времени и оказываемый эффект на здоровье человека

Оценка потребления йода	мкг/сутки	Эффект
Тяжелый дефицит йода	до 50	Йод-дефицитные заболевания (в т.ч. эндемический кретинизм)
Дефицит йода	50–150	Йод-дефицитные заболевания
Нормальное потребление йода	150–200 (290, США)	Отсутствие заболеваний, связанных с дефицитом или избытком йода
Избыточное потребление йода в безопасных границах	200–600 ЕС 290–1100 США	Отсутствие заболеваний, связанных с дефицитом или избытком йода
Избыточное потребление	600–2000 ЕС 1100–2000 США	Изменение уровня гормонов щитовидной железы, возможны заболевания, связанные с избыточным потреблением йода
Избыточное потребление	2000	Заболевания, связанные с избыточным потреблением йода, зоб, неонатальный гипотиреоз (эффект Вольфа-Чайкова), йод-индуцированный тиреотоксикоз, аутоиммунные заболевания щитовидной железы, йодизм

Таким образом, принимая во внимание возможный негативный эффект от длительного избыточного потребления йода, информирование потребителей о содержании йода в приобретаемых ими йодированных продуктах, о рекомендуемых и максимальных нормах потребления йода для различных категорий населения, можно рассматривать как одну из мер, направленных на предотвращения возможного негативного эффекта. Наилучшим методом является нанесение данной информации на маркировку продукции.

Мониторинг же содержания йода в продукции является неотъемлемой частью системы контроля качества жизни.

Глава 2. Пути решения проблемы йод-дефицита.

2.1. Введение.

Основным методом йодной профилактики, рекомендованным ВОЗ, является употребление йодированной соли. Во многих европейских странах существуют специальные правительственные программы и стандарты по йодированию пищевой соли (Йодомарин, 2010). В России, Беларуси, Украине, Казахстане и Азербайджане основным средством борьбы с дефицитом йода также является йодирование соли.

Содержание йода в йодированной соли в РФ определяется по ГОСТ 51575–2000. К примеру, в соли марки «Экстра» (п-во Мозырь соль) содержание KIO_3 составляет 40 ± 15 мг/кг, что эквивалентно $23,8 \pm 8,9$ мг/кг йода, и при потреблении среднесуточной нормы в 6 г соли поступление йода в организм человека может увеличиться на 100–200 мкг.

В индустриально развитых странах, кроме программ по йодированию соли, осуществляются также государственные программы по коррекции содержания йода в пище путем применения в сельском хозяйстве, животноводстве и птицеводстве йодсодержащих дезинфицирующих средств и йодсодержащих добавок в кормовых рационах скота (Широкова, 2005).

Обогащенное йодом молоко является основным источником йода в Северной Европе, Австралии, США и Великобритании (WHO, UNICEF). В Великобритании, например, «летнее» коровье молоко содержит в среднем 90 мкг йода/л, а в зимний период, когда коровы питаются йодированными кормами, содержание йода в молоке увеличивается в среднем до 210 мкг/л (SCF, 2002).

Йодированные продукты являются важнейшим источником йода для людей, страдающих гипертонической болезнью, сердечно-сосудистыми заболеваниями или вынужденных придерживаться бессолевой диеты. К тому же во многих странах в настоящее время приняты государственные программы по ограничению потребления соли с целью уменьшения количества сердечно-сосудистых заболеваний. В России обеспечение населения йодированной солью со-

ставляет не более 35% (ICCIDD). Такой же процент наблюдается в Украине и Азербайджане (ICCIDD).

2.2. Йодирование соли.

Стоит отметить важность правильного понимания представленной на упаковке соли информации и её учёта для регулирования содержания йода в диете. Зная вид соединения йода, добавленного в соль, и представленные ниже соотношения молярных масс, можно оценить содержание йода в соли.

Молярная масса йода, $M(I) = 126,9$ г/моль

$M(KI) = 166$

$M(KIO_3) = 214$

$M(I)/M(KI) = 126,9/166 = 0,764$

$M(I)/M(KIO_3) = 126,9/214 = 0,593$

Таблица 2.2.1.

Содержание йода в соли

	Содержание йодирующего агента, указанное на упаковке		Содержание йода, мг
	KI, мг/кг	KIO ₃ , мг/кг	
Образец соли 1	20	-	15,28
Образец соли 2	40	-	30,56
Образец соли 3	-	20	11,86
Образец соли 4	-	40	23,72

ООО НПК «Техгеосервис» провело исследование содержания йода в йодированной соли, приобретенной в предприятиях розничной торговли Санкт-Петербурга и Баку (табл. 2.2.2.).

В первой части исследования проводился анализ соли сразу после вскрытия упаковки. В ходе второй части исследования проводился анализ соли, находившейся в течении 2 месяцев в открытой упаковке.

Определение содержания йода в образцах осуществлялось методом инверсионной вольтамперометрии, по методике, разработанной в ОАО НПП «Буревестник» и аттестованной в соответствии с ГОСТ Р 8.563–96 и ГОСТ Р ИСО 5725–2002 (Части 1–6). Указанный

метод отвечает всем требованиям, установленным РФ к качеству лабораторных испытаний и результатов измерений. Для анализа использовался вольтамперметрический анализатор АВА-3.

Таблица 2.2.2.

Наименование	Производитель	Содержание I, KI или KIO ₃ , указанное на упаковке, мг/кг	Пересчёт содержания на I, мг/кг	Среднее содержание йода, мг/кг		Потери йода, %
				анализ сразу после вскрытия упаковки	2 месяца разгерметизации	
«Зимушка» (йод), от 03.09.08 (дата выпуска)	Акзо Нобель Соль бв	40 ± 15 (KI)	30,6 ± 11,5	30,4	11,2	63%
«Зимушка» (йод), от 22.03.10	Акзо Нобель Соль бв	40 ± 15 (KIO ₃)	23,7 ± 8,9	27,2	-	-
«Зимушка» (йод+фтор)	Акзо Нобель Соль бв	20 ± 5 (KIO ₃)	11,9 ± 3,0	22,9*	7,1	69%
«Экстра»	Мозырь соль	40 ± 15 (KIO ₃)	23,8 ± 8,9	31,6	18,6	41%
«4 Life»	Зитмам Индастриз НВ	32,7 — 71,9 (KI)	25,0 — 54,9	33,0	14,9	55%
«Экстра»	ООО «Яком»	40 ± 15 (KIO ₃)	23,7 ± 8,9	24,4 ± 1,5	17,9 ± 0,2	27%**
«Соль с понижен. сод-ем Na + K, Mg, I»	ЗАО «Валетек Продимпэкс»	40 (I)	40	38,5 ± 3,6	29,4 ± 3,5	24%**
«Салина»	Турция	25	14,8	14,5 ± 3,7	11,1 ± 0,4	23%**

* — на полученный результат определения содержания йода, возможно, повлияло наличие фтора в исследованном образце соли (особенности метода, используемого для определения йода, таковы, что на вольтамперной кривой пики фтора и йода наблюдаются при одних и тех же потенциалах; получение отдельных пиков затруднено, и, как следствие, возможно их наложение друг на друга и получение завышенных значений).

** — три последних в данном исследовании образца соли хранились в разгерметизированном состоянии в течение 1,5–2 месяцев в сухом помещении, в емкости, закрытой фильтровальной бумагой.

Результаты исследования показывают, что содержание йода в упакованной йодированной соли находится в интервале, заявленном производителем. Потеря же упаковкой её герметичности приводит к снижению содержания йода в соли в течение 2 месяцев на 25–70 %.

Исследования, проведённые Закарпатским институтом эпидемиологии, микробиологии и гигиены, показали, что при хранении в течение 3 месяцев пищевой соли, йодированной йодистым калием, потери составили 65–100% (Гуревич и др., 1953).

Принимая во внимание, что, как правило, в домашнем хозяйстве соль хранится в открытом виде, при употреблении в среднем 6 грамм соли фактическая доза йода может составлять около 90 мкг и менее, вместо теоретических 115–250 мкг.

По наблюдениям Мохнача йодистый калий придаёт соли неприятный горький привкус, который не переносят дети и беременные женщины. Также он отмечает необходимость принять во внимание следующее относительно применения йодированной пищевой соли. Все количественные определения содержания йода и его потерь при транспортировке и хранении соли относятся к «сырому» продукту, т.е. проводятся до того, как соль применяется в кулинарии по своему прямому назначению. Между тем, в громадном большинстве случаев при варке или другой кулинарной обработке пищи йодированная соль подвергается резким термическим воздействиям, что, конечно, ещё больше снижает содержание йода в готовых изделиях (Мохнач, 1974).

Недостаточное обеспечения населения России йодированной солью, быстрое естественное снижение содержания йода в соли с течением времени приводит к необходимости активного использования альтернативных методов борьбы с йодной недостаточностью, в том числе путём йодирования продуктов животноводства и птицеводства.

2.3. Йодирование продуктов животноводства и птицеводства.

2.3.1. Значимость йода для животных.

Дефицит йода у животных вследствие нарушения в организме метаболизма белков, углеводов, липидов приводит к проблемам в репродуктивной сфере, повышенной смертности молодняка, мертворождениям, снижению иммунитета, деформации черепа, уменьшению размеров головного мозга (SCF, 2002). Гипотериоидное состояние вызывает задержку воды и электролитов в организме (Васильева, 2009).

При йодной недостаточности у коров наблюдается: низкорослость, растянутость туловища, удлинение костей лицевого черепа, небольшие рога, маленькое вымя, нарушение роста шерсти, сухость и складчатость кожи; у овец возможно полное отсутствие шерсти и т.д.

Нормальная функция щитовидной железы у коров важна для цикличности воспроизводства. При гипофункции щитовидной железы коровы не всегда приходят в охоту, рожают мертвых или нежизнеспособных телят. Недостаток йода особенно резко проявляется у высокопродуктивных животных в период лактации.

Йодирование кормов для скота и птиц, кроме увеличения содержания йода в продуктах животноводства, также является средством борьбы с дефицитом йода у самих животных (FEEDAP Panel, EFSA, 2005).

Уровень содержания йода в кормах кур 5 мг/кг в ЕС признан максимально безопасным для получения обогащенных йодом яиц, как в отношении здоровья кур, так и потребителей йодированных яиц. Указанный уровень йода в кормах позволяет получать яйца с содержанием йода до 70 мкг/яйцо (European Food Safety Authority, Scientific Panel on additives and product or substances used in animal feed, FEEDAP Panel, EFSA, 2005).

Добавка соединений йода в корм и питьевую воду усиливает продуктивность и повышает рост скота и птицы — увеличиваются вес, надои молока, яйценоскость и т.п. (Каган, Казначей, 1951).

Достижения последних лет в области генетики и селекции позволили существенно увеличить скорость роста живой массы птицы, однако более продуктивные животные характеризуются повышенной чувствительностью к стрессам, а низкая иммунокомпетентность часто приводит к вспышкам заболеваний (Фисинин, Сурай, 2008). В состоянии же стресса потребность в микроэлементах возрастает (M. Kidd, 2004, World Poultry Science), что подчеркивает важность обеспечения именно высокопродуктивных кроссов птицы микронутриентами, в том числе и йодом.

Опыт мирового и отечественного птицеводства показывает, что добиться высокой продуктивности можно только от здоровой птицы (Фисинин, 2009).

Интересно также отметить, что обработка йодом семян повышает урожайность отдельных сельскохозяйственных культур, что может оказаться полезным и для кормовых растений.

«Значение йода для развития растений подтверждается многочисленными экспериментами. Подкормка йодом повышает урожай зелёной массы хлопчатника, кукурузы, овса, овощей, сахарной свёклы и т.д. на 6 — 22% (Пейве, 1963). Интересные и важные результаты получены Ш.М. Кулиевым (1962). Для повышения урожайности хлопчатника он применил 0,1%-й раствор йодистого калия и 0,1%-й раствор йодиднафтената для замачивания семян в течении 6 часов, что дало прибавку урожая хлопчатника на 15,3 и 18,8% соответственно. Таких примеров в литературе очень много, и положительное влияние йодной подкормки на рост и развитие культурных растений не вызывает никаких сомнений». (Мохнач, 1974).

2.3.2. Опыт применения йод-полимерного лекарственного средства «Монклавит-1» для лечения, профилактики заболеваний животных (в соавторстве с к.в.н. А.В. Варюхиным).

В фармацевтическом аспекте йод — биологически высокоактивный химический элемент и уникальное, созданное природой лекарственное вещество, являющееся основным действующим началом для большого числа медикаментов, широко применяемых в меди-

цине и ветеринарии. Он определяет антимикробное, фунгицидное, антигельминтное, антивирусное и противопротозойное действия йодсодержащих препаратов, в особенности антисептиков.

За всю историю широкого применения растворов йода никто и никогда не сообщал о каком бы то ни было снижении антибактериальной активности препаратов на основе йода. «Единственным антисептическим средством, применявшимся для профилактики инфицирования раны на протяжении всей войны, был йод» (Либов Л.Л., 1951. Лекарственная терапия. Опыт советской медицины в Великой Отечественной войне 1941–1945 г.г.).

Однако длительный опыт применения различных препаратов йода показал, что те из них, которые обладают выраженными антимикробными свойствами с широким спектром действия (спиртовой раствор йода и йод однохлористый, например) являются вместе с тем резко токсичными при введении в организм животных и человека, что значительно суживает область их клинического применения (например, одномоментный прием внутрь 30 мл спиртового раствора йода заканчивается, как правило, летально). И наоборот, те йодистые препараты, которые являются нетоксичными при введении в организм (йодистый калий, например), совершенно лишены антимикробных свойств и поэтому применение их для лечения и профилактики микробных заболеваний не имеет смысла.

В комплексе же с полимерами йод теряет свойство обжигать ткани, теряет токсичность, но сохраняет высокую бактерицидную активность, что позволило значительно расширить области применения йода как антисептического средства. Благодаря полимерной молекуле, йод проникает глубоко в рану, в воспаленные ткани, под струп и т.д.

«Йодполимеры должны обязательно включаться в медикаментозный набор при комплектовании средств запаса для бригад медицины катастроф, военно-медицинской службы» (Лоде Х., 1998).

«Монклавит-1» — антисептическое и дезинфицирующее лекарственное средство широкого спектра действия, производства завода «Оргполимерсинтез», представляющее собой водно-полимерную систему на основе йода в форме комплекса поли-N-виниламидациклосоульфйодида. Лекарственное средство «Монклавит-1» заре-

гистрировано в Российской Федерации (за № ПВР-2–4.6/01766), Республике Беларусь, Украине и Азербайджане, имеет сертификат соответствия № РОСС RU.ФВ01.В18596 от 01.04.2009 г. и выпускается в соответствии с ТУ № 9337–007–46270704–2006.

Высококачественное сырье для синтеза полимерных компонентов «Монклавит-1» поставляется из Германии и Японии, синтез же производится в России, в Санкт-Петербурге на современной производственной базе, со строжайшим соблюдением технологической дисциплины, необходимой для производства лекарственных средств. При разработке препарата «Монклавит-1» учитывался огромный практический опыт создания советских йод-полимерных лекарственных средств, а также последние достижения мировой науки в области технологий тонкого химического синтеза высокополимеров. Созданный препарат относится к последнему поколению лекарств, в которых основным действующим веществом является йод. Препарат разрабатывался в тесном контакте со специалистами Санкт-Петербургской Государственной Академии Ветеринарной Медицины, с практикующими ветеринарными врачами.

Монклавит обладает высокой активностью к грамотрицательным и грамположительным микроорганизмам, патогенным грибам и дрожжам: *Salmonella*, *Pasteurella*, *Escherichia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Candida*, *Malassezia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Microsporum*, *Trichophyton*, *Mikoplazma* и др. «Монклавит-1» не вызывает привыкания (резистентности) у болезнетворной микрофлоры в процессе длительного применения, а также не является иммунодепрессантом, не имеет противопоказаний и побочных действий на организм животных и птицы. Препарат позволяет снизить количество применяемых антибиотиков, хорошо дополняет схемы введения лекарственных средств.

Эксперименты в Вирусологическом центре 48 ЦНИИ Министерства обороны РФ (г. Сергиев Посад) показали, что «**Монклавит-1**» обладает **выраженной вурулицидной активностью в отношении вируса гриппа А (H5N1)**. При температуре 14,1 °С препарат (разбавление 1:20) в течение часа полностью подавляет цитопатическую активность данного вируса, а также формирование специфического гемагглютинаина.

«Монклавит-1» оказывает пролонгированное антисептическое, дезинфицирующее, десенсибилизирующее, противовоспалительное и регенерирующее действие. При нанесении на поверхность раны и покровные ткани образует полупроницаемую микроскопическую гидрофильную пленку, обеспечивающую механическую защиту обрабатываемого места и сохраняющуюся до тех пор, пока из препарата не выделится весь активный йод.

Лечебный эффект наступает быстро, обычно в течение 15–30 секунд. В состав препарата входит высокомолекулярный полимер, являющийся сам по себе сильнейшим антиоксидантом и сорбентом токсических продуктов микробного и тканевого распада и оказывающий детоксикационное воздействие при отравлениях и хронических заболеваниях желудочно-кишечного тракта (атония преджелудков, гастроэнтерит, диспепсия и т.д.).

«Монклавит-1» применяют для обработки асептических и инфицированных ран кожи и слизистых оболочек (кроме конъюнктивы глаза), лечения абсцессов, гематом, ожогов и отморожений, стоматитов, грибковых поражений кожи, отитов, экзем, дерматитов, вульвовагинитов и эндометритов, маститов и желудочно-кишечных расстройств (диспепсий), для санации воздушной среды в присутствии животных и птицы, поверхностей ограждающих конструкций, мест нахождения животных, рук хирурга и операционного поля, а также для дезинфекции инкубационных яиц, инкубационных и выводных шкафов.

Йод, содержащийся в Монклавите в особой форме, усиливает процессы ассимиляторной фазы белкового обмена веществ, способствует усвоению организмом животного фосфора и кальция. Участие йода в синтезе белковых соединений железа, кобальта, цинка, меди и других металлов делает его необходимым для каталитического осуществления синтеза таких соединений, как гемоглобин, кобаламин и др.

Гормональный йод стимулирует и сенсibiliзирует симпатическую нервную систему и, тем самым, косвенно повышает приспособительные и защитные реакции организма. Усилению защитной реакции организма способствует повышение йодом фагоцитарной активности лейкоцитов и выраженные дезинтоксикационные свойства полимеров, содержащихся в Монклавите, по отношению к токсинам.

Стоит отметить, что Монклавит также обладает способностью инактивировать находящиеся в воздухе животноводческих помещений вредоносные газы, в том числе аммиак, что оказывает благотворное влияние на здоровье и продуктивность животных.

Таким образом, преимущества использования «Монклавит-1» в животноводстве основываются на универсальности этого препарата и возможности его комплексного применения.

1. «Монклавит-1» как **лекарственное средство** предназначен для:
 - Эффективного лечения и профилактики инфекционных заболеваний животных. Препарат обладает антибактериальными, фунгицидными, противовоспалительными и регенерирующими свойствами
 - Профилактики и лечения йод-дефицитных заболеваний животных. Повышения неспецифического иммунитета, стимуляции роста.
2. «Монклавит-1» как **дезинфицирующее средство** применяется для:
 - Санации воздушной среды в присутствии животных
 - Дезинфекции животноводческих помещений, инкубационных и выводных шкафов, инкубационных яиц
 - Улучшения гигиены получения молока.
3. Применение «Монклавита-1» позволяет **снизить затраты и повысить эффективность производства**, в том числе:
 - Уменьшить количество применяемых антибиотиков
 - Понизить токсичность кормов
 - Увеличить сохранность, прирост массы тела животных и вывод молодняка птицы
 - Увеличить выпуск готовой продукции.
4. Применение «Монклавита-1» позволяет улучшить качество животноводческой продукции по основным показателям, получать обогащенную йодом продукцию.

Вся продукция животноводства после применения «Монклавит-1» используется без ограничений.

2.3.3. Планирование и прогнозирование процесса обогащения йодом продуктов питания, коэффициент обогащения.

При производстве обогащённых продуктов необходимо соблюдать следующие условия (Фисинин, 2009):

1. Должна быть установлена эффективность перехода «обогащителей» из корма в продукт.
2. Также должна быть установлена возможная их токсичность, либо другой негативный эффект от данного вещества, способные повлиять на здоровье и продуктивность животного.
3. Необходимо определить содержание вносимого в корм вещества уже в продукте с учётом потребности в нём человека.
4. Стабильность вещества в процессе кулинарной обработки.

Представляется необходимым и важным придти к единой математической модели, позволяющей заранее рассчитывать дозу йодирующей добавки в корм или воду для получения заданного содержания йода в продуктах питания. Метод предполагает пересчёт исходной концентрации йода в добавке на общий йод, поэтому не зависит от типа вводимой добавки.

С этой целью нами был введён коэффициент обогащения $K_{\text{йод}}$, прямо пропорциональный концентрации йода в продукте и обратно пропорциональный количеству йода, потребляемого животным в сутки с кормом:

$$K_{\text{йод}} = C_{\text{I,foodstuff}} / C_{\text{I,feed}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{I,foodstuff}}$ — концентрация йода в продукте, **мкг/unit** (мкг/кг, мкг/л, мкг/яйцо — в зависимости от объекта исследования);

$C_{\text{I,feed}}$ — концентрация йода в корме, **мг/кг**.

Количество йода, потребляемое животным в сутки, определяется следующей простой формулой:

$$Q_{I \text{ per } bw} = C_{I, \text{feed}} * W_{\text{feed}} / W_{\text{animal}} \quad (2)$$

где $Q_{I \text{ per } bw}$ — количество (*quantity*) йода, потребляемое животным в сутки, в расчёте на кг веса тела, **мг/кг bw***;

$C_{I, \text{feed}}$ — концентрация (*concentration*) йода в корме, **мг/кг**;

W_{feed} — вес корма (*weight*), потребляемого животным в сутки, **кг**;

W_{animal} — вес животного, **кг**.

* — *bw* — *body weight* (англ. 'вес тела'), используется для обозначения расчёта на кг веса тела.

Глава 3. Применение йод-содержащих добавок и лекарственных средств в птицеводстве. Йодирование куриных яиц и куриного мяса.

3.1. Содержание йода в куриных яйцах.

Максимальное содержание йода в яйцах отмечается в США и Великобритании и составляет в среднем 30 мкг/яйцо, макс. — 50 мкг/яйцо. Европейские производители поставляют яйца с содержанием йода в среднем 10–25 мкг/яйцо или менее (Hardmann, 2005; Kaufmann, 1998; FEEDAP Panel, EFSA, 2005). В СССР среднее содержание йода в яйцах составляло 12 мкг/яйцо (Национальный доклад, 2006).

Йодированные яйца кур широко представлены на рынке Российской Федерации. Производители указывают содержание йода в яйцах от 27 до 50 мкг/яйцо.

Физико-химическая лаборатория компании «Техгеосервис» провела исследование содержания йода в йодированных куриных яйцах методом инверсионной вольтамперометрии, по методике, разработанной в ОАО НПП «Буревестник» и аттестованной в соответствии с ГОСТ Р 8.563–96 и ГОСТ Р ИСО 5725–2002 (Части 1–6). Указанный метод отвечает всем требованиям, установленным РФ к качеству лабораторных испытаний и результатов измерений. Для анализа использовался вольтамперометрический анализатор АВА-3.

В качестве исследуемых образцов были взяты йодированные яйца нескольких российских птицефабрик. Образцы приобретены через предприятия розничной торговли Санкт-Петербурга. Результаты измерений представлены в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1.

Птицефабрика	Торговая марка	Дата сортировки	Содержание йода, мкг/яйцо	
			Данные производителя	Результаты измерений
«Роскар»	«Активита»	07.11.08	50	29,4 ± 3,0 (5)*
		26.06.10	50	12,3 ± 0,6 (5)
«Роскар»	«Пользики»	17.11.08	50	48,2 ± 1,1 (3)
		05.07.10	50	26,8 ± 5,4 (4)
		07.08.10	50	21,7 ± 2,8 (3)
		23.08.10	50	33,7 ± 1,9 (3)
«Невская»	«Мамина забота»	26.11.08	27	21,2 ± 2,8 (5)
		11.08.10	не указано	12,1 ± 0,8 (5)
«Боровская»	«Жёлтое и белое»	19.11.08	не указано	41,8 ± 1,2 (5)

* — в скобках () указано число проб.

Испытания, проведенные нашей лабораторией, показывают, что содержание йода в яйцах кур ниже, чем заявлено производителем — в среднем на 20–60 % (а в некоторых случаях разница составляет 75 %!). Нами также были проведены определения йода в яйцах кур после кулинарной обработки (результаты приводятся в пункте 3.11.).

Точность измерений исследованных образцов, проведенных лабораторией НПК «Техгеосервис», подтверждается измерением стандартного образца яичного порошка Whole Egg Powder, NIST RM 8415 (США).

Таблица 3.1.2.

Стандарт NIST RM 8415	Число измерений	Содержание йода, мкг/кг	
		Сертифицированные значения NIST (Национальный институт стандартов и технологий США)	Результаты измерений лаборатории НПК «Техгеосервис»
	7	1970 ± 460	1834 ± 173

Содержание йода в этом стандартном образце было определено специалистами Национального института стандартов и технологий США следующими методами: нейтронной активации с радиохимическим разделением, эпитеpmальным инструментальным методом нейтронной активации, методом абсорбционной спектрометрии и дифференциальной импульсной полярографии.

Результаты измерений лаборатории НПК «Техгеосервис» согласуются с результатами указанных высокоточных методов.

3.2. Минимальный, максимальный и оптимальный уровни содержания йода в яйцах кур.

Минимальный уровень — 10 мкг/яйцо: Gesellschaft fur Ernahrungsphysiologie (Общество Физиологии Питания, Германия) и Национальный Исследовательский Совет (США) установили минимальные необходимые уровни содержания йода в корме для кур-несушек в 0,5 мг/кг, при этом расчетное содержание йода в яйце составляет не менее 10 мкг/яйцо (необходимо учитывать погрешность измерений). В России нормативное содержание йода в кормах составляет 0,6–1,0 мг/кг.

Максимальный уровень — 70 мкг/яйцо: Уровень содержания йода в кормах кур 5 мг/кг в ЕС признан максимально безопасным для получения обогащенных йодом яиц, как в отношении здоровья кур, так и потребителей йодированных яиц (European Food Safety Authority, Scientific Panel on additives and product or substances used in animal feed, FEEDAP Panel, EFSA, 2005), при этом расчетное содержание йода в яйце составит около 70 мкг.

Оптимальный уровень — 50 мкг/яйцо: Опираясь на выработанные мировым сообществом рекомендуемые и максимальные нормы потребления йода, принимая во внимание возможный негативный эффект от избыточного потребления этого микроэлемента, а также наш опыт по обогащению йодом яиц кур, предлагаем установить рекомендуемое содержание йода в йодированном сыром яйце в размере 50 мкг.

При содержании йода в яйце в количестве 50 мкг потребление 2–3 яиц взрослым человеком (до 2-х яиц — подростком; 0,5–

1 яйца — ребенком) обеспечит ему суточную норму йода, и даже в случае ЕЖЕДНЕВНОГО потребления яиц предлагаемое содержание йода не должно привести к негативными клиническим последствиям (табл. 3.2.1.). При этом следует учитывать, что тепловая обработка значительно снижает количество йода в пище.

Таблица 3.2.1.

	Взрослые	Подростки	Дети от 1 года
Количество яиц / сутки	2–3 яйца	1–2 яйца	0,5–1 яйцо
Поступление йода из яиц (мкг/сут)	100–150 мкг	50–100	25–50
Максимальный уровень потребления йода UL, ЕС (мкг/сутки)	600	300–500	200

Стоит также отметить, что количество йода, поступающее в организм кур для обеспечения содержания 50 мкг йода в яйце, является безопасным для здоровья самих кур (FEEDAP Panel, EFSA, 2005).

3.3. Содержание йода в курином мясе.

Содержание йода в курином мясе находится в прямой зависимости от содержания йода в корме. По данным европейских исследователей среднее содержание йода в грудных мышцах мяса кур может варьироваться от 56 до 1248 мкг/кг, в печени — от 16 до 9184 мкг/кг и в почках — от 22 до 6385 мкг/кг (FEEDAP Panel, EFSA, 2005).

Чешские учёные исследовали естественное содержание йода в мясе кур, сравнив при этом грудные и бедренные мышцы (Herzig, 2007). Согласно их работе содержание йода в мышцах бедра может превышать содержание йода в грудных мышцах в 2–3 раза. Уровень содержания йода, установленный в пробах мяса из хозяйств Чехии, составил в грудных мышцах от 11,4 до 24,3 мкг/кг (среднее 18,9), в бедренных мышцах — от 18,3 до 61,2 (среднее 38,1). Исследование было проведено в период с августа по сентябрь 2004 г.

По данным Министерства Здравоохранения РФ среднее содержание йода в тушке нейодированной курицы составляет 56 мкг/кг (Национальный доклад, 2006).

Эти данные полностью согласуются с результатами, полученными немецкими учёными, а также с отчётом, сделанным Еврокомиссией. При этом минимальные значения в представленных исследованиях соответствуют естественному уровню содержанию йода в мясе, который составляет порядка 20 — 50 мкг/кг (FEEDAP Panel, EFSA, 2005).

Близость же содержания йода в мясе к максимальным значениям говорит о проведении йодирования кормов посредством применения йод-содержащих добавок.

Исследование, проведённое Groppe (FEEDAP Panel, EFSA, 2005; Groppe, 1991), позволяет проследить зависимость содержания йода в различных типах мышечных тканей кур от уровня йодирования корма (таблица 3.3.1.). Так, при содержании йода в корме 10 мг/кг (йодирующая добавка KIO_3) содержание йода в грудных мышцах составляет 385 мкг/кг, в печени — 525 мкг/кг, а в сердце — 295 мкг/кг. Отмечается также, что содержание йода в сердечной мышце значительно превышает содержание йода в других органах, и даже у кур, не получавших йодированного корма, содержание йода в сердце составляло не менее 350 мкг/кг.

Таблица 3.3.1

Уровень йодирования корма	Содержание йода, мкг/кг сухого вещества		
	грудные мышцы	сердце	печень
Контроль (0,03 мг/кг ДМ*)	32	354	30
+ 0,1 мг/кг ДМ (KIO_3)	57	459	45
+ 1 мг/кг ДМ (KIO_3)	73	518	71
+ 10 мг/кг ДМ (KIO_3)	385	1295	525

* — ДМ = Dry Matter (англ. 'сухое вещество').

Содержание в корме кур-несушек и бройлеров минимального необходимого количества йода в 0,3–0,5 мг/кг [Gesellschaft für

Ernährungsphysiologie (Общество Физиологии Питания, Германия) и Национальным Исследовательский Совет (США)] соответствует содержанию йода в грудных мышцах примерно в 50 мкг/кг (Groppe, 1991).

Максимальным достаточным уровнем Еврокомиссия полагает уровень йода в кормах 5 мг/кг, при этом концентрации йода в грудных мышцах по Groppe не превышает 385 мкг/кг (10 мг/кг КЮ₃ соответствует 6 мг/кг йода).

ООО НПК «Техгеосервис» провело исследование содержания йода в мясе кур методом инверсионной вольтамперометрии. Анализ содержания йода в мясе кур выполнялся по МУК 4.1.1187–03. Для анализа использовался вольтамперометрический анализатор АВА-3.

В качестве исследуемых образцов были взяты 20 образцов мяса кур нескольких российских птицефабрик, приобретенных через предприятия розничной торговли Санкт-Петербурга. Результаты измерений представлены в таблице 3.3.2.

Таблица 3.3.2.

Расположение птицефабрики	Птицефабрика	Среднее содержание йода, мкг/кг		Отношение содержания йода в бедре к грудке
		грудка	бедро	
Ленинградская обл.	Роскар (дата изг. 16.04.09)	107	212	1,98
	Роскар (дата изг. 11.08.10)	-	164	-
	Северная	16,5	84	5,09
	Русско Высокская	11	58	5,27
Белгородская обл.	Приосколье	54,5	195	3,58
	Белгранкорм	< 2	-	-

Содержание йода в бедре превышает содержание йода в грудке в 2 — 3,5 раза (при концентрации йода в бедре около 200 мкг/кг). При низких концентрациях устанавливается соотношение поряд-

ка 5. Данная пропорциональная зависимость согласуется с данными чешских исследователей (Herzig, 2007).

Тушки, мясо которых содержит большее количество йода, имеют лучший товарный вид, а наличие в их составе такого микроэлемента, как йод, делают их и более полезными для здоровья потребителя.

Полученные нами данные о содержании йода в грудных мышцах кур производства птицефабрик «Роскар» и «Приосколье» в 107 мкг/кг и 50 мкг/кг, согласно рекомендациям Еврокомиссии, говорят об уровне йодирования кормов на этих птицефабриках, необходимым для восполнения йодной недостаточности и обеспечения синтеза гормонов щитовидной железы у кур. Куры, произведенные птицефабриками «Северная», «Русско-Высоцкая» и «Белгранкорм», не получают необходимого количества йода с кормом.

3.4. Исследование эффективности использования разных форм йода в качестве йодирующей добавки в корм. Максимальный уровень содержания йода в корме.

Единой рекомендации по форме добавляемого йода не существует. Многообразие используемых добавок отражено в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1.

Формы йода, применяемые в качестве кормовых добавок

Добавка			Исследователи
Форма йода	Наименование (торговая марка)	Формула (состав)	
Неорганическая форма йода — минеральные соли	Кальция йодат	$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	Yalcin, 2004
	Калия йодат	KIO_3	Ungelenk, 2000; S.Kaufmann, G. Wolfram, F. Delange, 1998
	Калия йодид	KI	
	«КаЙод»	KI	

Продолжение таблицы 3.4.1.

Форма йода	Добавка		Исследователи
	Наименование (торговая марка)	Формула (состав)	
Органическая форма йода — морские водоросли	Laminaria digitata		Ungelenk, 2000
	Ascophyllum nodosum		Ungelenk, 2000
	Eucheuma spinosum		S. Kaufmann, G. Wolfram, 1998
Йодированный белок коровьего молока	«ЙодДар»		ВНИТИП, 2008
Йод-полимерное лекарственное средство	«Монклавит-1»	0,1% I _{крист} 0,2% KI, полимеры	ООО НПК «Техгеосервис»

Yalcin производит йодирование с помощью йодата кальция $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$. Однако полученное им содержание йода в яйцах является достаточно низким. Возможно это вызвано трудностью усваивания кальция организмом, а, соответственно, и йода, связанного с кальцием.

Литовские исследователи R. Cepulienė et al. (2008), изучавшие стабильность различных йодных добавок в корм для кур, пришли к выводу, что йодид калия KI и йодид натрия NaI летучи и нестабильны в корме, хотя и часто используются. Исследователи рекомендуют применять в качестве йодирующих добавок более стабильные формы йода.

Ungelenk (2000) и Kaufmann (1998) в своих работах наблюдали за процессом йодирования, применив в качестве добавок различные типы водорослей. Но полученные результаты говорят о нестабильности водорослей как добавок.

Kroupova (2006) в своей работе выявила сезонную зависимость содержания йода в яйцах. Осенью и зимой содержание йода в яйцах, по сравнению с результатами весеннего и летнего периодов, выше на 10%, а иногда и на 60%. Это объясняется переменой в рационе

кур, так как в Чехии, где проводилось исследование, осенью и зимой куры питаются сухими кормами, обогащёнными микроэлементами, в том числе и йодом.

Работ, посвящённых нахождению максимального допустимого уровня содержания йода в корме, крайне мало. Peterson (1997) отмечает изменения репродуктивной способности кур, получающих корм с концентрацией йода 40 мг/кг, что при среднем уровне потребления корма курой в 125 грамм (Lichovnicova, 2004) соответствуют 5 мг йода в день.

Arrington (1968) в своём исследовании отмечает, что признаками начала токсикоза у кур является сокращение производства яиц и изменения размера яйца. Многие исследователи указывают основные признаки токсикоза — ухудшение продуктивности кур, их состояния, изменение вида и качества яиц. Превышение максимального уровня содержания йода в корме на порядок вызывает у кур нарушения репродуктивной функции.

3.5. Йодирование куриных яиц. Коэффициент обогащения йодом куриных яиц.

На основании многочисленных исследований, проводимых европейскими учеными, мы определили зависимость содержания йода в яйце от концентрации йода в корме, и рассчитали коэффициент обогащения для куриных яиц:

$$\text{Кйод} = C_{1,\text{egg}} / C_{1,\text{feed}}, \quad (1.a)$$

где $C_{1,\text{egg}}$ — концентрация йода в яйце, **мкг/яйцо**;

$C_{1,\text{feed}}$ — концентрация йода в корме, **мг/кг**;

Кйод — коэффициент обогащения.

Результаты расчёта коэффициента обогащения для всех исследованных нами данных можно увидеть в таблице 3.5.1., а также 3.5.2. и 3.5.3. Рекомендованное содержание йода в йодированном яйце — 50 мкг. В среднем такое содержание достигается при значении коэффициента обогащения яиц Кйод = 14 (таблица 3.5.1.).

Lichovnicova (2004) в своём исследовании приняла средний уровень потребления корма равный 125 г/сутки.

Таблица 3.5.1.

Расчётные значения коэффициента обогащения Кйод

Содержание йода в яйце $C_{1,egg}$, мкг/яйцо	Коэффициент Кйод
менее 50	от 18 до 36, среднее по исследованиям — 19
50 — 100	14
более 100	менее 14, вплоть до 8

Таблица 3.5.2.

Обобщённая таблица

Общая концентрация йода в корме, $C_{1,feed}$	Кол-во йода, потребляемое курой в сутки, $Q_{1 per bw}$	Содержание йода в яйце, $C_{1,egg}$	Коэффициент Кйод	Исследование (тип исследуемой матрицы*)	Результат
0,4	50	7,4	18,5	Richter (м) (1995)	контроль
0,5	62,5	17,7	35,4	Kaufmann (ж/б) (1998)	
0,9	112,5	17,5	19,4	Richter (м)	
1	125	27,3	27,3	Kaufmann (ж/б)	Высокая продуктивность яиц
2	250	38	19,0	Kaufmann (ж/б)	
5	625	65,6	13,1	Kaufmann (ж/б)	
5,4	675	77,4	14,3	Richter (м)	
20,4	2550	371	18,2	Richter (м)	

Продолжение таблицы 3.5.2.

Общая концентрация йода в корме, $C_{I,feed}$	Кол-во йода, потребляемое курой в сутки, $Q_{I per bw}$	Содержание йода в яйце, $C_{I,egg}$	Коэффициент Кйод	Исследование (тип исследуемой матрицы*)	Результат
мг/кг	мкг/(кг bw)	мкг/яйцо			
40,4	5050	565,51	14,0	Richter (м)	Нарушение репродуктивной способности, сокращение пр-ва яиц и изменение размера яиц
2 мл «Монклавит-1»	5080	335,1	8,2	Техгосервис (ж)	Изменение общ. морфологии яиц

* — для расчёта содержания йода в яйце использовалась концентрация йода в: (ж/б) — желтке и белке; (ж) — желтке; (м) — меланже.

Таблица 3.5.3.

**Обобщённая таблица йодирования яиц
при помощи йодата кальция**

Общая концентрация йода в корме, $C_{I,feed}$	Кол-во йода, потребляемое курой в сутки, $Q_{I per bw}$	Содержание йода в яйце, $C_{I,egg}$	Коэффициент Кйод	Исследование (тип исследуемой матрицы*)	Результат
мг/кг	мкг/(кг bw)	мкг/яйцо			
0,8	100	8,3	10,4	Yalcin (ж/б)* (2004)	
2,9	362,5	12,5	4,3	Yalcin (ж/б)	

Продолжение таблицы 3.5.3.

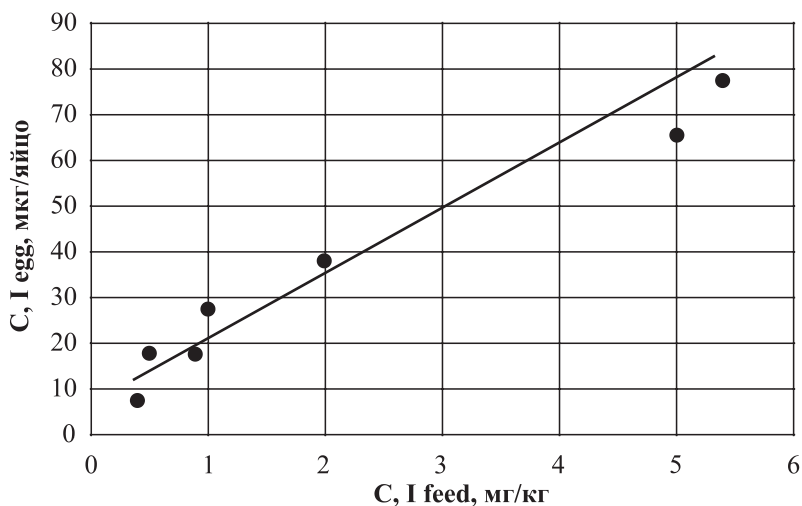
Общая концентрация йода в корме, $C_{I,feed}$	Кол-во йода, потребляемое курой в сутки, $Q_{I per bw}$	Содержание йода в яйце, $C_{I,egg}$	Коэффициент Кйод	Исследование (тип исследуемой матрицы*)	Результат
мг/кг	мкг/(кг bw)	мкг/яйцо			
5,2	650	21,1	4,1	Yalcin (ж/б)	
11,1	1387,5	36,69	1,9	Yalcin (ж/б)	Ув.потребл. корма, ум.яичн. индекс
21,5	2687,5	62,99	2,9	Yalcin (ж/б)	Ув.потребл. корма, ум.яичн. индекс

* — для расчёта содержания йода в яйце использовалась концентрация йода в желтке и белке.

Исследователи не пришли к единой форме представления и, следовательно, понимания полученных результатов. Это следует из того, что расчёт содержания йода в яйце понимается каждым исследователем по-своему. Так Richter берёт для анализа меланж (всю съедобную часть яйца); Yalcin и Kaufmann анализируют по отдельности желток и белок; Ungelenk, Kroupova и мы взяли за исследуемую матрицу только желток. Наш вывод не случаен. Как правило, желток составляет 35% от съедобной части яйца, а содержание йода в белке — 3% от концентрации йода в желтке (FEEDAP Panel, EFSA, 2005). Принимая за средний вес яйца 60 г, а скорлупы — 7 г (Щербатов, 2005), становится возможным определить в дальнейшем содержание йода в яйце, используя простой математический пересчёт.

В среднем при уровне йодирования 5 мг I/кг корма достигается содержание йода в яйце порядка 70 мкг.

График 1. Зависимость содержания йода в яйце от содержания йода в корме



3.6. Применение препарата «Монклавит-1» для обогащения йодом куриных яиц.

Предлагаем использовать для йодирования яиц лекарственный препарат «Монклавит-1», применение которого в качестве йодирующей добавки удовлетворяет условиям производства обогащенной продукции (п. 2.3.3.).

Рассчитаем количество препарата «Монклавит-1», необходимое для получения яйца с содержанием йода 50 мкг/яйцо. Содержание йода в препарате составляет не менее 2,5 мг/мл. Принимаем для расчетов вес курицы за 1 кг, потребление корма в день — 125 г. Кйод = 14 для яиц с содержанием йода 50 мкг/яйцо.

1. Определим концентрацию йода в корме:

$$C_{I, \text{feed}} = C_{I, \text{egg}} / \text{Кйод} = 50 / 14 = \mathbf{3,57 \text{ мг/кг}}$$

2. Таким образом птица получает в день следующее количество йода:

$$Q_{I \text{ per bw}} = 3,57 \text{ мг/кг} * 0,125 \text{ кг} / 1 \text{ кг} = \mathbf{0,45 \text{ мг}} \text{ (на 1 кг веса птицы)}$$

3. Вычисляем объём Монклавита, содержащий столько же йода:

$$V_{\text{монс пер bw}} = Q_{1 \text{ per bw}} / 2,5 \text{ мг/мл} = 0,445 / 2,5 = \mathbf{0,18 \text{ мл}}$$

(на 1 кг веса птицы)

Используя такую же последовательность, мы рассчитали дозировку препарата для различных значений содержания йода в яйце (таблица 3.6.1.).

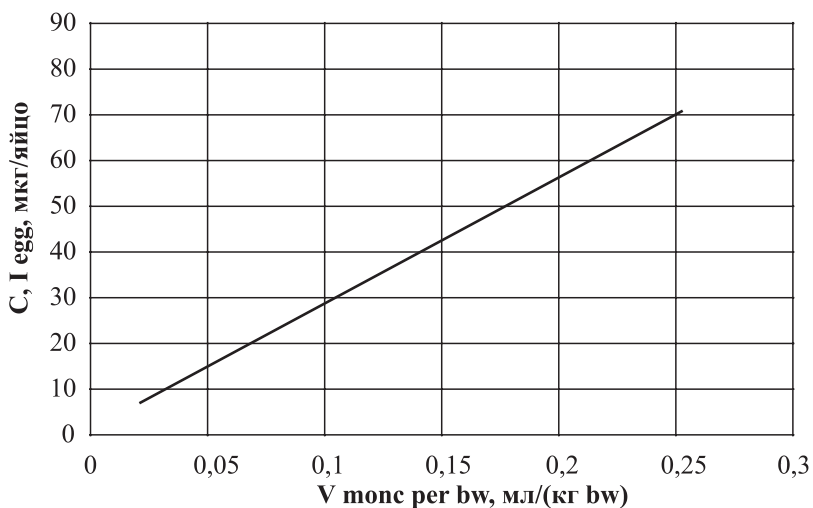
Таблица 3.6.1.

Концентрация йода в корме, $C_{1, \text{feed}}$	Кол-во йода, потребляемого курой в сутки*, $Q_{1 \text{ per bw}}$	Кол-во препарата «Монклавит-1», потребляемое в сутки*, $V_{\text{монс пер bw}}$	Содержание йода в яйце, $C_{1, \text{egg}}$	Физиологическая значимость
мг/кг	мг/кг bw	мл/(кг bw)	мкг/яйцо	
0,5	0,06	0,025	7	Нормальный синтез тироксина
1,0	0,13	0,050	14	
1,5	0,19	0,075	21	
2,0	0,25	0,100	28	
2,5	0,31	0,125	35	
3,0	0,38	0,150	42	
3,5	0,45	0,175	49	Получение йодированных яиц
4,0	0,50	0,200	56	
5,0	0,63	0,250	70	Макс. уровень йодирования яиц

* — расчёт производился на 1 кг веса куры с учётом суточного потребления корма, принятым нами как 125 г.

Таблица 3.6.1. наглядно показывает простоту и удобство использования препарата «Монклавит-1» для получения йодированных яиц. Какое бы содержание йода в яйце не требовалось получить, доза потребления препарата «Монклавит-1» при этом весьма незначительна.

График 2. Расчетная зависимость содержания йода в яйце от количества препарата «Монклавит-1», потребляемого в сутки



Подробно описанная методика расчёта количества йодирующей добавки позволит без труда планировать процесс йодирования и прогнозировать результат. Учёт значения фармакологической дозы препарата на голову птицы, равной 2 мл (см. п. 3.7.), делает применение препарата «Монклавит-1» контролируемым и безопасным. Йод, находящийся в препарате в форме комплекса поли-N-виниламидациклосоульфойодида, устойчив и стабилен. Препарат «Монклавит-1» обладает и антисептическими свойствами, подтверждёнными практикой его многолетнего использования. Использование препарата «Монклавит-1» в качестве йодирующей добавки в корм совместно с рекомендованной нами расчётной методикой позволит получить желаемый надёжный результат.

Расчетный расход препарата Монклавит на 1 голову составляет:

Для обеспечения физиологических потребностей в йоде (как для кур несушек, так и для бройлеров)*:	0,025–0,05 мл/сутки (0,75–1,5 мл/месяц)
Для производства йодированных яиц с содержанием йода 50 мкг/яйцо :	0,175 мл/сутки (5,25 мл/месяц)
Фармакологическая доза:	2 мл/сутки

* — для визуализации расчётов отмечаем объёмное соответствие 0,05 мл с одной каплей медицинской пипетки; 0,1 мл — 2 капли и т.д.

После прекращения выпойки Монклавита концентрация йода в яйцах начинает снижаться и достигает фоновых значений уже через 4–5 суток.

Введение небольших доз стабильного йода в рацион птицы позволяет использовать в кормах такой идеальный ингредиент как рапсовое масло. Однако содержание в составе рапсового масла глюкозинолатов, относящихся в категории зобогенов, существенно ограничивают его применение. И хотя в современных сортах рапса содержание глюкозинолатов и тиоцианатов значительно уменьшено, применение рапсового масла может привести к значительному увеличению веса щитовидной железы и снижению продуктивности птицы. Этот негативный эффект может быть скомпенсирован при введении в рацион птицы дополнительных доз йод-содержащих препаратов (М. Lichovnikova, L. Zeman, 2004), к категории которых и относится Монклавит.

Предположим и обратное: возможное негативное влияние фармакологических доз йода на щитовидную железу, например, при лечении и профилактике заболеваний птицы, можно компенсировать введением рапсового масла в кормовой рацион.

Согласно исследованию Baker et al. (2003) добавка брома в корм даёт возможность преодолеть негативные последствия от передозировки йода в корм кур. Вещества, блокирующие усвоение йода, также содержатся во многих видах капусты (белокочанной, цветной,

брокколи, кольраби, брюссельской), репе, кукурузе, орехах, а также в соевой муке.

3.7. Максимальная добавка препарата «Монклавит-1» в пищевой рацион кур, не оказывающая негативного воздействия на организм кур.

При очень высоких уровнях добавки йода в корм возможно негативное воздействие на организм кур.

Определим максимально допустимую добавку препарата Монклавит-1.

В работе Richter (1995) указано, что при концентрации йода в кормах 40 мг/кг отмечались неблагоприятные изменения здоровья кур. При употреблении такого корма кура получает около 5000 мкг йода в сутки.

Рассчитаем концентрацию йода в Монклавите:

Монклавит содержит: не менее 0,1% $I_{\text{крист}}$ и 0,2% KI

$$C[I] = C[I_{\text{крист}}] + C[KI]$$

$$C[I_{\text{крист}}] = 0,1\% = 1000 \text{ мг/кг}$$

$$\text{из пункта 2.2 : } C[I] = C[KI] * 0,764 = 2000 \text{ мг/кг} * 0,764 = 1528 \text{ мг/кг}$$

$$C[I] = 1000 + 1528 = 2528 \text{ мг/кг}$$

$$\text{плотность Монклавита } \rho = 1,005 \text{ г/см}^3$$

$$C[I], \text{ мг/л} = \rho * C[I], \text{ мг/кг} = 1,005 * 2528 = 2540,6 \text{ мг/л, что соответствует } 2540,6 \text{ мкг/мл}$$

В 1 мл Монклавита содержится 2540,6 мкг йода I:

1 мл Монклавита — 2540,6 мкг

X мл — 5000 мкг

Используя правило пропорций, вычисляем:

$$X = (1 * 5000) / 2540,6 = 1,97 \text{ мл/сутки}$$

Таким образом, указанной в работе Peterson (1997) концентрации 40 мг I/кг корма соответствует потребление Монклавита 1,97 мл/сутки, т.е. около **2 мл**.

Исследования, проведённые лабораторией «Техгеосервис», позволяют проследить данные метаморфозы. В качестве йодирующей добавки использовался лекарственный препарат «Монклавит-1». При его использовании в количестве 2 мл/голову (не менее 5080 мкг) нами были сделаны следующие наблюдения: изменение общей морфологии яйца, изменение размеров яиц (как правило, в сторону увеличения), нарушение осевой симметрии, неравномерность толщины скорлупы (местами её хрупкость, доходящая до прозрачности, местами утолщения), многочисленные вкрапления и выпуклости.

Следует отметить, что указанные изменения в куриных яйцах могли быть вызваны и иными причинами, так как для исследования не были предоставлены контрольные образцы яиц, однако у яиц с содержанием йода 20–50 мкг/яйцо данные изменения не наблюдались.

3.8. Кинетика процесса обогащения яиц йодом.

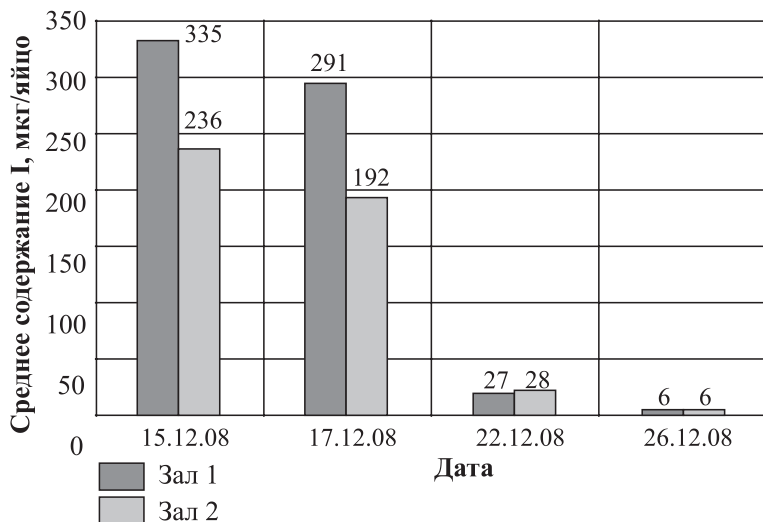
Изучив многочисленные научные публикации, посвящённые обогащению пищевых продуктов микроэлементом йодом, нами был сделан вывод, что очень мало внимание уделяется изучению самого процесса йодирования, его механизму и кинетике.

Накопив большое количество данных, достаточное для изучения вопросов механизма и кинетики процессов йодирования, по заявке завода изготовителя препарата «Монклавит-1» мы провели исследование, позволившее сделать выводы, подкреплённые реальными практическими экспериментами.

Для осуществления обогащения пищевых продуктов в данном исследовании использовался лекарственный препарат «Монклавит-1».

Исследование проводилось на одной из птицефабрик РФ в декабре 2008 г. Препарат рекомендовалось выпаивать курам по 2 мл на голову, при этом 2 мл «Монклавит-1» соответствуют ≈ 5000 мкг йода. Процесс выпаивания и отбора яиц для исследования осуществлялся работниками птицефабрики. Выпойка была прекращена 14 декабря 2008 г., отбор яиц кур происходил, начиная с 15 декабря. Для химико-аналитических исследований птицефабрика предоставила 48 яиц.

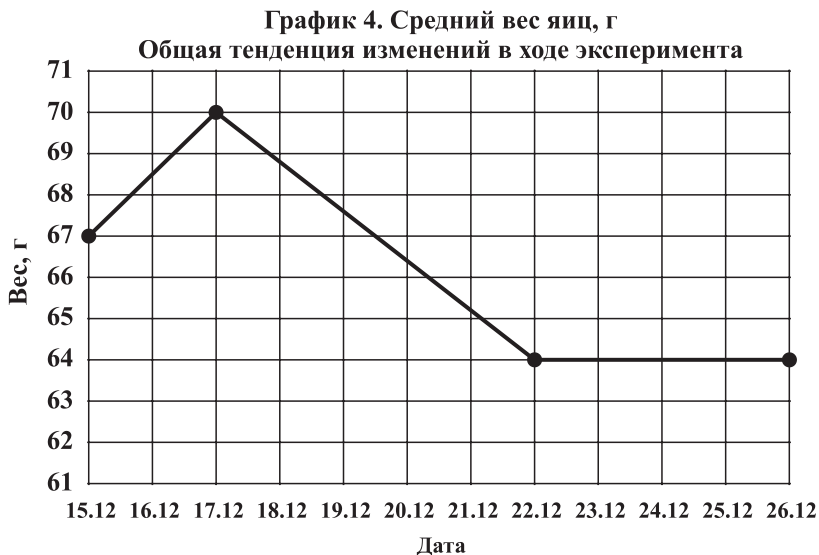
График 3. Среднее содержание йода в яйцах, мкг/яйцо



Как видно из графика 3, через 7 дней содержание йода в яйцах соответствует слабейодированным яйцам, и их можно употреблять в пищу. 10 дней являются тем сроком, когда действие йодирующей добавки прекращается полностью. Исследование позволило установить, что в первые дни после последней выпойки наблюдаются изменения внешних параметров яиц: изменения общей морфологии, нарушение осевой симметрии, изменения размеров яиц, неравномерность толщины скорлупы, многочисленные вкрапления и выпуклости на ней, а также всплески массы яиц (максимум наблюдался 17.12.08 и составил 79,3г). Однако через неделю внешний облик яиц и их геометрия стабилизируется. На графике 4 наглядно показано наступление равновесия.

Таким образом, совершенно очевидно, что процесс йодирования является управляемым. Уже через 5–7 дней после прекращения выпойки содержание йода в яйцах самопроизвольно стабилизируется.

Возможно существует прямая зависимость между физическими и геометрическими параметрами яиц от содержания йода в них, и изменения этих параметров могут использоваться как качественный признак нарушения дозирования или режимов выпойки препарата.



3.9. Опыт практического применения препарата Монклавит для обогащения йодом яиц кур.

Производственные опыты по обогащению йодом куриных яиц были поставлены на ЗАО «Птицефабрика «Лаголово», ООО «Авангард», и ОАО «Птицефабрика Приморская» совместно с ветеринарными специалистами завода «Оргполимерсинтез», производителя лекарственного средства «Монклавит-1», использовавшегося в качестве йодирующего агента.

Препарат применялся перорально, подавался через систему водопоя, норма ввода препарата базировалась на расчетах, проводимых в предыдущих пунктах настоящего издания, с учетом технологических потерь.

В связи с тем, что «Монклавит-1» является лекарственным средством и при выпаивании, кроме функции источника стабильного нетоксичного йода, играет роль дезинфектанта системы водопоя, на птицефабрике «Лаголово» также производилась оценка свойств препарата при профилактике бактериальных заболеваний кур-несушек.

Экспертиза результатов проводилась в ФГУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория», клинико-биохимической лаборатории ФГОУ ВПО «СПБГАВМ», лаборатории ООО НПК «Техгеосервис» и ГНУ ВНИВИП Россельхозакадемии.

Определение содержания йода в куриных яйцах проводилось лабораторией НПК «Техгеосервис» методом инверсионной вольтамперометрии по методике, разработанной в ОАО НПП «Буревестник» и аттестованной в соответствии с ГОСТ Р 8.563–96 и ГОСТ Р ИСО 5725–2002 (Части 1–6). Указанный метод отвечает всем требованиям, установленным РФ к качеству лабораторных испытаний и результатов измерений. Для анализа использовался вольтамперометрический анализатор АВА-3.

Содержание йода было измерено в 88 куриных яйцах.

Точность измерений подтверждается измерением стандартного образца яичного порошка Whole Egg Powder, NIST RM 8415 (США) (таблица 3.9.1).

Таблица 3.9.1.

Стандарт NIST RM 8415	Число измерений	Содержание йода, мкг/кг	
		Сертифицированные значения NIST (Национальный институт стандартов и технологий США)	Результаты измерений лаборатории НПК «Техгеосервис»
	7	1970±460	1824±269

Измерение толщины скорлупы проводилось согласно Методическому руководству для зоотехнических лабораторий «Оценка качества кормов, органов, тканей, яиц и мяса птицы» В.И. Фисинин, А.Т. Тищенко, И.А. Егоров и др., ВНИТИП, г. Сергиев Посад, 2007.

При проведении опыта на птицефабрике «Приморская» также определялась концентрация йода в мясе кур-несушек, которым выпаивался препарат Монклавит (таблица 3.9.5.).

Проведенные промышленные испытания подтвердили, что процесс обогащения йодом куриного яйца при помощи препарата Монклавит является контролируемым, а содержание йода в яйце — предсказуемым. Результаты приведены в таблицах 3.9.2. — 3.9.4.

**Результаты производственных испытаний
по обогащению йодом яиц кур**

Таблица 3.9.2.

Птицефабрика	Характеристика стада птиц	Дозировка и методика ввода препарата
«Лаголово», производство товарного яйца	Производственное стадо, поголовье птиц, участвующих в опыте, — 21900 голов, кросс «Хайсекс Браун», возраст 780 дней, содержание клеточное	0,36–0,4 мл/гол в сутки, ежедневно; длительность исследования — 22 дня
«Авангард», производство товарного яйца	Производственное стадо, поголовье птиц, участвующих в опыте, — 80000 голов, средний вес птицы 1,5 кг	0,3 мл/кг веса птицы в режиме: неделя выпойка, неделя перерыв; длительность исследования — 1 месяц
«Приморская», производство товарного яйца	Производственное стадо, поголовье птиц, участвующих в опыте, — 8000 голов, средний вес птицы 1,8 кг	0,3 мл/кг веса птицы в течении первых 7 дней, 2 дня перерыв; далее по 6 дневному циклу: 1 день — 0,3 мл/кг; 2,3 день — 0,2 мл/кг; 4,5,6 день — перерыв; длительность исследования — 30 дней

Таблица 3.9.3.

Птицефабрика	Концентрация йода в яичном желтке (мкг/кг)			Содержание йода в яйце (мкг/яйцо)		
	Отбор яиц до начала опыта	Отбор яиц в период выпойки	Отбор яиц при перерыве в выпойке	Отбор яиц до начала опыта	Отбор яиц в период выпойки	Отбор яиц при перерыве в выпойке
«Лаголово»	1380 ± 141 (5)*	2528 ± 155 (43)	перерыва в выпойке не было	32 ± 3	60 ± 4	перерыва в выпойке не было
«Авангард»	5 ± 1 (5)	1936 ± 178 (5)	нет проб	менее 1	52 ± 5	нет проб
«Приморская»	687 ± 109 (5)	1865 ± 86 (16)	1531 ± 134 (9)	14 ± 2	42 ± 1	35 ± 3

* — в скобках () указано число проб.

Таблица 3.9.4.

Птицефабрика	Толщина скорлупы (микрометр, мкм)	
	Отбор яиц до начала опыта	Отбор яиц в период выпойки
«Лаголово»	407 ± 30 (5)	426 ± 10 (43)
«Авангард»	335 ± 20 (5)	404 ± 30 (5)
«Приморская»	365 ± 50 (5)	388 ± 10 (16)

Таблица 3.9.5.

Описание пробы, птицефабрика «Приморская»	Средняя концентрация йода, мкг/кг	
	Бедро	Грудка
Кура-несушка, до выпаивания «Монклавит-1» (контрольная проба)	68 ± 6 (2)	59 ± 19 (2)
Кура-несушка, после выпаивания «Монклавит-1»	380 ± 13 (3)	219 ± 51 (2)

Выводы по результатам производственных испытаний.

1. Получение йодированных яиц.

Подтверждена прямая зависимость между содержанием йода в пищевом рационе кур-несушек и содержанием йода в товарном яйце. Во всех опытах удалось получить обогащенные йодом товарные куриные яйца с содержанием йода 42–60 мкг/яйцо.

2. Профилактика заболеваний стада птиц.

В проведенных опытах использовались различные модели перорального введения препарата, с чередованием периодов выпаивания и периодов покоя, когда выпойка препарата не производилась. При этом во время периодов покоя содержание йода в яйцах несколько уменьшалось, также незначительно снижалась толщина скорлупы. Так, в опыте на птицефабрике «Приморская» наблюдалось снижение содержания йода в яйцах до 20 %, однако и в данном случае полученные яйца относятся к категории йодированных.

Как правило, при обогащении куриных яиц йодом при помощи неорганических или органических соединений, содержащих йод, концентрация йода в рационе птицы постоянна на всем протяжении производственного цикла. В нашем случае методика «выпойка-покой» использовалась с целью достижения максимальных концентраций лекарственного средства Монклавит в системе водопоя, который, как указывалось выше, оказывает сильное дезинфицирующее действие, очищая внутренние поверхности труб от патогенных микроорганизмов, таких как *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Campylobacter* и многих других.

Применяемый метод продемонстрировал свою эффективность. Проведенные на птицефабрике «Лаголово» микробиологические исследования выявили высокое saniрующее действие Монклавита (таблица 1).

Таблица 1.

Исследуемый объект	Состояние микрофлоры до начала эксперимента	Состояние микрофлоры после выпаивания Монклавита
Воздух	Coccus, E. coli	Значительное снижение Coccus; E. coli — не выделена

Продолжение Таблицы 1.

Исследуемый объект	Состояние микрофлоры до начала эксперимента	Состояние микрофлоры после выпаивания Монклавита
Вода	Coccus, E. coli, P. vulgaris	Значительное снижение Coccus; E. coli, P. vulgaris — не выделены
Помет	Coccus, в том числе микроаэрофильные стафилококки, E. coli, P. vulgaris	Снижение Coccus; E. coli, P. vulgaris, микроаэрофильные стафилококки — не выделены

Исследования показали, что Монклавит, выпаиваемый в малых дозах, привел к значительному снижению микробной нагрузки не только в системе водопоеения и помете, что можно было предположить, но и в воздушной среде!

При этом у кур не выявлено признаков йодизма, а также побочных явлений и осложнений, связанных с выпойкой Монклавита. Сохранность птицы и потребление ею корма соответствовала хозяйственным показателям. Яйценоскость повышалась с первых дней испытаний, также было отмечено снижение боя снесенных яиц, что связано с повышением прочности скорлупы.

На птицефабрике «Приморская» в течении производственного опыта отмечено небольшое повышение сохранности поголовья (0,015%) и яйценоскости.

3. Улучшение качества скорлупы.

Проведенные исследования также показывают, что увеличение количества йода в рационе птицы, при прочих равных условиях, приводит к увеличению толщины скорлупы и повышению ее качества. Мы полагаем, что данный эффект связан с лучшим усвоением кальция и других веществ, вызванным стимуляцией щитовидной железы препаратами йода.

Так, на птицефабрике «Лаголово» наблюдается увеличение толщины скорлупы на 18 мкм, на птицефабрике «Авангард» — на 69 мкм, на птицефабрике «Приморская» — на 23 мкм.

Таким образом, введение лекарственного средства Монклавит в систему водопоеения в небольших дозах является ком-

плексным решением, поскольку позволяет не только обеспечить обогащение товарных яиц йодом, улучшить качество скорлупы, но и профилактировать заболевания стада птиц.

3.10. Зависимость толщины скорлупы яиц от содержания йода в пищевом рационе кур-несушек.

Решение задачи улучшения качества скорлупы имеет большое экономическое значение и ведет к увеличению прибыли предприятия. На некоторых птицефабриках потери товарных яиц из-за плохой скорлупы составляют более 10 %.

Скорлупа играет важнейшую роль в развитии эмбриона. Она дает физическую защиту, обеспечивает дыхание эмбриона, служит источником кальция, необходимого для развития зародыша. Пищевая и, соответственно, коммерческая ценность яиц также зависят от качества скорлупы. Толстая и прочная скорлупа является надежным барьером для бактерий и патогенных грибов, препятствует адсорбции яйцом внешних запахов и обеспечивает сохранность яиц на птицефабрике и при транспортировке.

Здоровье птицы и ее полноценное питание — ключевые факторы, обеспечивающие качество яиц и скорлупы. Условия содержания, температурный режим, вентиляция помещений, освещение, содержание в кормах кальция и фосфора в усваиваемой форме и в оптимальном соотношении, обеспеченность птицы микроэлементами (йодом, цинком, марганцем, магнием) — все это оказывает существенное влияние на качество скорлупы.

Физико-химическая лаборатория НПК «Техгеосервис» провела оценку качества скорлупы яиц кур, полученных в рамках исследований по применению препарата Монклавит для обогащения йодом продуктов питания и влияния препарата на физиологическое состояние животных. При этом также изучались куриные яйца, приобретенные в предприятиях розничной торговли Санкт-Петербурга.

Часть результатов измерений приведены в пункте 3.9. В настоящем пункте 3.10 дается более подробное рассмотрение вопроса, а также представлены результаты измерений, полученные для яиц производства ЗАО «Птицефабрика Роскар» и ООО «Леноблптицепром». В целом была замерена толщина скорлупы 92 яиц.

Проведенные исследования показывают наличие прямой зависимости между содержанием йода в яйце и толщиной скорлупы, при условии сбалансированного питания и нормальных условий содержания (график 3.10.1.). Чем больше содержание йода в яйце, тем толще скорлупа. Результаты измерений приведены в таблице 3.10.1.

Таблица 3.10.1.

**Зависимость толщины скорлупы
от содержания йода в яйце**

Наименование птицефабрики	Время отбора пробы	Концентрация йода в желтке яйца, мкг/кг	Содержание йода в яйце, мкг	Толщина скорлупы, мкм
«Лаголово»	До начала опыта	1380 ± 141 (5) *	32 ± 3	407 ± 30
«Лаголово»	Период выпойки Монклавита	2528 ± 155 (43)	60 ± 4	426 ± 10
«Авангард»	До начала опыта	5 ± 1 (5)	менее 1	335 ± 20
«Авангард»	Середина 2-го периода выпойки Монклавита	711 ± 157 (5)	15 ± 4	358 ± 10
«Авангард»	Окончание 1-го периода выпойки Монклавита	1936 ± 178 (5)	52 ± 5	404 ± 30
«Приморская»	До начала опыта	687 ± 109 (5)	14 ± 2	365 ± 50

Продолжение Таблицы 3.10.1.

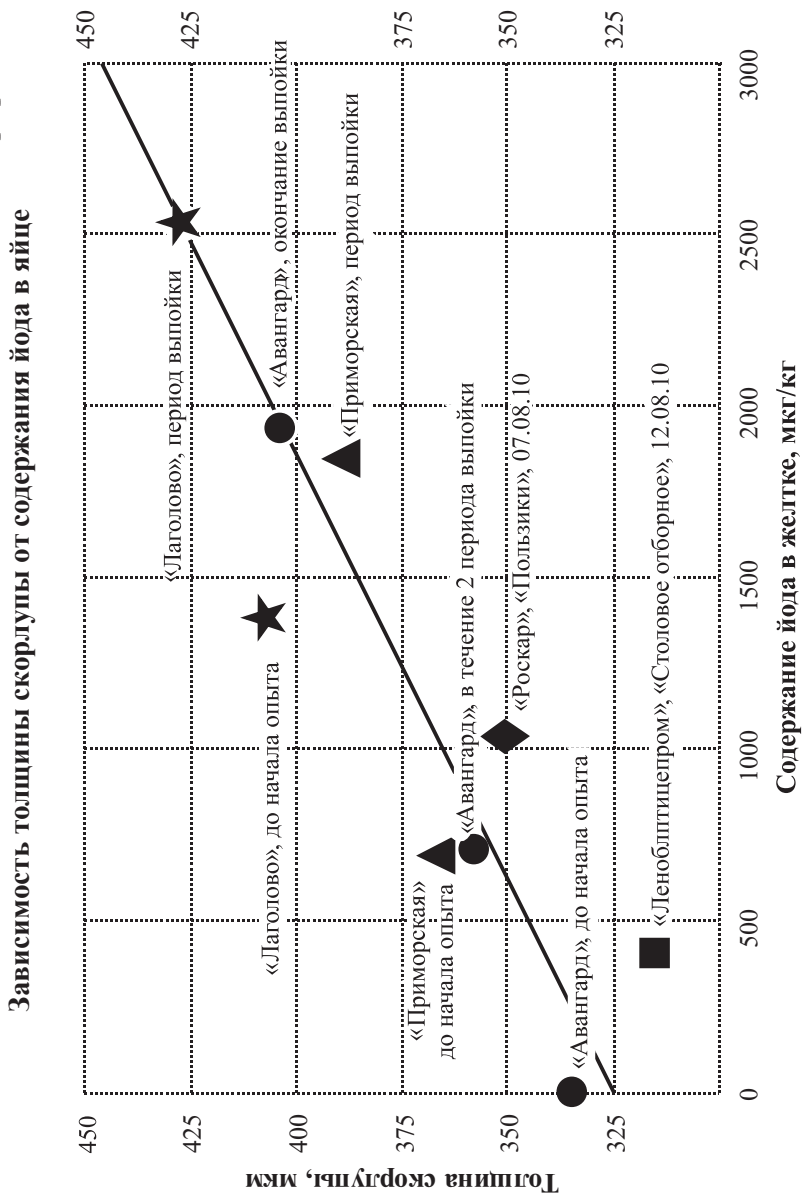
Наименование птицефабрики	Время отбора пробы	Концентрация йода в желтке яйца, мкг/кг	Содержание йода в яйце, мкг	Толщина скорлупы, мкм
«Приморская»	Окончание периодов выпойки Монклавита	1865 ± 86 (16)	42 ± 1	388 ± 10
«Леноблптицепром», марка «Столовое отборное»	Яйца куриные, сортировка 12.08.2010	403 ± 26 (5)	9 ± 1	315 ± 40
«Роскар», марка «Пользики»	Яйца йодированные, сортировка 07.08.2010	1037 ± 155 (3)	22 ± 3	351 ± 60

* — в скобках () приводится количество исследованных проб.

В приведенной выборке коэффициент корреляции между средними значениями содержания йода в желтке и толщины скорлупы составляет 0,9!

Учитывая же прямую связь между содержанием йода в яйце и содержанием йода в корме и воде, можно утверждать, что существует прямая зависимость между содержанием йода в рационе птицы и толщиной и прочностью скорлупы. Наличие этой зависимости подтверждается также данными исследований чешских ученых (М. Lichovnikova, L. Zeman, 2004) и работами ВНИТИП. Во ВНИТИП в 2007–2008 были проведены эксперименты под руководством академика РАСХН И.А. Егорова по изучению биологической активности и доступности йода как кормовой добавки, показавшие, что «качество скорлупы яиц при даче в комбикорм йодсодержащего препарата повышалось» (ВНИТИП, 2007–2008).

График 3.10.1.



По нашим же наблюдениям значительное повышение прочности скорлупы наблюдается именно при ликвидации дефицита йода в питании птицы, то есть при увеличении содержания йода в яйце до «нормальных» 7–15 мкг. Яйца с крайне малым содержанием йода обладают хрупкой, легко крошащейся скорлупой.

Таким образом, обеспечение птицы йодом в стабильной усваиваемой форме, является необходимым условием для получения толстой и прочной скорлупы товарных яиц, и, соответственно, приводит к повышению качества продукции, снижению расходов и увеличению прибыли предприятия.

3.11. Определение стабильности йода в куриных яйцах при кулинарной обработке.

Обогащение куриных яиц микроэлементами, витаминами, Омега-3-полиненасыщенными жирными кислотами или иными субстанциями должно удовлетворять одному очень важному критерию — сохранностью «обогапителя» в процессе кулинарной обработки (Фисинин, 2009).

Нет никакого смысла обогащать яйца йодом или селеном, если при кулинарной обработке содержание этих веществ уменьшится до фоновых показателей, и, конечно, такие продукты питания нельзя отнести к категории функциональной пищи, которая выполняет не только энергетическую функцию и доставляет материал для строения тела человека, но и обеспечивает улучшение здоровья и самочувствия, снижает риск тех или иных заболеваний.

Физико-химическая лаборатория НПК «Техгеосервис» провела оценку сохранности йода в яйцах кур при варке. Изучались йодированные куриные яйца производства ЗАО «Птицефабрика «Роскар», торговая марка «Пользики», приобретенные в предприятиях розничной торговли Санкт-Петербурга, и яйца производства ОАО «Птицефабрика Приморская», полученные в ходе производственных опытов по обогащению йодом яиц кур с использованием йод-полимерного препарата «Монклавит-1».

Исследовались желток и белок сырых и вареных яиц, количество яиц — 32 штуки. Варка яиц производилась в кипящей воде в течение 10 минут. Результаты экспериментов приведены в таблице 3.11.1.

По результатам наших предыдущих экспериментов можно утверждать, что в сыром яйце около 97–98 % йода содержится в желтке. При повышении содержания йода в желтке, в диапазоне 1000–2000 мкг/кг и более, распределение йода в яйце, как правило, несколько меняется: около 94% йода содержится в желтке, 6% — в белке.

Полученные данные показывают, что при варке яиц йод, содержащийся в желтке, частично переходит в белок и далее покидает исследуемый объект. Белок является зоной миграции йода, и количество йода в нем определяется длительностью и температурой обработки, а также толщиной скорлупы. Поэтому главным критерием сохранности йода в яйцах при кулинарной обработке следует считать стабильность йода в желтке.

Яйца, обогащенные йодом без использования препарата Монклавит.

Яйца производства птицефабрики «Роскар» в сыром виде содержат 22–34 мкг йода, однако при варке активно теряют йод — потери составляют 56–60%, а содержание этого микроэлемента в вареных яйцах составляет всего 9–15 мкг.

Яйца из контрольной партии птицефабрики «Приморская» в сыром виде содержат 14 мкг йода, в вареном — около 12 мкг. Потери йода в процентном отношении в целом не так велики, потому что значительная часть йода задержалась в белке, однако потери в желтке составляют 42 %.

Таким образом, яйца кур этой категории после кулинарной обработки содержат небольшие количества йода и не могут быть отнесены к разряду функциональных продуктов.

Таблица 3.11.1.

Содержание йода в сырых и вареных яйцах кур

Описание пробы	Средняя концентрация йода, мкг/кг				Потери йода при варке, %		Среднее содержание йода в яйце, мкг*		Потери йода при варке %
	Желток	Белок	Вареный желток	Вареный белок	Желток	Белок	Сырое яйцо	Вареное яйцо	
«Роскар-Пользики» 07.08.2010	1037 ± 155 (3) ***	[31 ± 5]**	396 ± 101 (3)	23 ± 1 (1)	-62%	-26%	22 ± 3	9 ± 2	-60%
«Роскар-Пользики» 23.08.2010	1510 ± 108 (3)	[45 ± 3]	643 ± 20 (3)	42 ± 4 (3)	-57%	-7%	34 ± 2	15 ± 1	-56%
«Приморская», контроль	687 ± 109 (5)	[21 ± 3]	399 ± 36 (5)	93 ± 13 (2)	-42%	Рост +77%	14 ± 2	12 ± 1	-20%
«Приморская», выпойка Монкла-вита	2061 ± 78 (5)	127 ± 26 (2)	1627 ± 135 (5)	133 ± 17 (4)	-21%	Рост +5%	45 ± 3	40 ± 5	-10%

* — значения округлены для лучшего восприятия, потери йода в яйце при варке рассчитывались по неокругленным значениям.

** — в квадратных скобках [] указаны расчетные значения, полученные на основании данных предыдущих многочисленных экспериментов.

*** — в круглых скобках () указано число исследованных проб.

Яйца, обогащенные йодом с использованием препарата Монклавит.

Выпаивание препарата Монклавит на птицефабрике «Приморская» позволило получить товарное куриное яйцо, обогащенное микробиоэлементом йод в количестве 45 мкг/яйцо. Снижение содержания йода в желтке после варки составляет 20 %, общие потери микроэлемента — не более 10 %. Вареные яйца содержат в среднем 40 мкг йода на яйцо.

Эти данные подтверждаются нашими исследованиями свойств яиц, йодированных при помощи Монклавита на птицефабрике «Авангард», где также наблюдалась практически полная сохранность йода при кулинарной обработке.

Мы полагаем, что высокая сохранность йода при варке этих яиц объясняется свойствами йодирующего агента — препарата Монклавит, содержащего йод в форме стабильного высокомолекулярного комплекса.

Вывод:

Таким образом, яйца кур, обогащенные йодом при помощи препарата Монклавит, практически полностью сохраняют йод при кулинарной обработке и могут считаться функциональными продуктами, обеспечивающими организм человека необходимыми для сохранения здоровья и качества жизни микронутриентами.

Яйца кур, обогащенные другим способом, при кулинарной обработке теряют этот микроэлемент в значительной степени (42–65 % в желтке), их йодирование носит формальный характер и не обеспечивает необходимый уровень йода в конечном пищевом продукте — вареном яйце.

3.12. Определение стабильности йода в курином мясе при кулинарной обработке.

При проведении опыта по обогащению йодом товарных яиц на птицефабрике «Приморская» также определялась концентрация йода в мясе кур-несушек, которым выпаивался препарат Монклавит.

Содержание йода в мясе кур до выпойки препарата соответствует уровню, характерному для кур, получающих с кормом необходимое количество йода.

После выпаивания препарата Монклавит содержание йода в мясе кур соответствует уровню, обычному для кур, потребляющих корм или воду с повышенным количеством йода, достаточным для обогащения товарных яиц (FEDAP Panel, EFSA, 2005, Groppel, 1991). Разница почти в 2 раза между содержанием йода в бедре и грудке является характерной для этой категории птиц (см. п. 3.3.)

Еврокомиссия полагает максимальным безопасным уровнем содержания йода в кормах 5 мг/кг корма, при этом концентрация йода в грудных мышцах птицы по Groppel не превышает 385 мкг/кг. При выпаивании Монклавита мы получили концентрацию йода в грудных мышцах, равную 219 мкг, что почти в 2 раза меньше. Это еще раз свидетельствует, что при применении препарата Монклавит для получения йодированных яиц и мяса в указанных дозировках максимальный безопасный уровень введения этого микроэлемента в рацион птицы не превышает.

Нами было проведено определение стабильности йода в сыром мясе и в мясе, подвергнутом кулинарной обработке, сходной с методикой приготовления куриного супа (варка в течение 90 минут). Для варки использовалась дистиллированная вода; соль и иные ингредиенты не добавлялись. Также была измерена концентрация йода в бульоне, полученном при варке птиц. Результаты представлены в таблице 3.12.1.

Несмотря на то, что сырое мясо контрольного образца содержит йод, в вареном мясе йода фактически уже нет. Следовательно, йод в контрольном образце находится в форме, не способствующей его сохранности при кулинарной обработке.

Йод, содержащийся в тушке птицы, при варке переходит в воду, однако содержание йода в бульоне, полученном при варке контрольного образца, также весьма невелико.

Таблица 3.12.1.

Описание пробы	Средняя концентрация йода, мкг/кг					Потери йода при варке, %	
	Мясо сырое		Вареное мясо		Бульон	Бедро	Грудка
	Бедро	Грудка	Бедро	Грудка			
Кура-несушка, до выпаивания «Монклавит-1» (контрольная проба)	68 ± 6 (2)	59 ± 19 (2)	менее 2 (2)	менее 2 (2)	28 ± 8 (2)	-100%	-100%
Кура-несушка, после выпаивания «Монклавит-1»	380 ± 13 (3)	219 ± 51 (2)	89 ± 25 (2)	56 ± 2 (2)	168 ± 2 (2)	-77%	-74%

В мясе кур, получавших Монклавит, йод сохраняется значительно лучше. Уровень содержания йода в вареном мясе является безопасным для человека и способствует удовлетворению его потребностей в этом незаменимом микроэлементе.

Принимая во внимание тот факт, что вареный куриный окорочок (250 гр) содержит количество йода, составляющее до 20 % суточной потребности человека в этом микроэлементе, а одна порция бульона (250 мл) — около 30 % этой потребности, можно утверждать, что полученная пища относится к категории функциональной, обеспечивающей организм человека микроэлементом йодом.

Вывод:

Таким образом, использование лекарственного средства Монклавит позволяет решить сложную задачу производства куриного мяса, обогащенного йодом, стабильным при кулинарной обработке, и позволяет получать кулинарные блюда, относящиеся к категории функциональной пищи.

Глава 4. Применение йод-содержащих добавок и лекарственных средств в производстве молока. Йодирование коровьего молока.

4.1. Содержание йода в молоке.

Продукты животного происхождения являются важным источником поступления йода с пищей (FEEDAP Panel, EFSA, 2005). Вклад отдельных продуктов питания в обеспечении йодом организма человека связан с особенностями пищевого рациона в различных странах. Так, последние данные свидетельствуют о том, что в Германии молоко и молочные продукты обеспечивают в среднем 37% йода, поступающего в организм жителей этой страны (Jahreis, 2001). В Дании более, чем 44% йода поступает из молока (Rasmussen, 2002). В США также основным источником поступления йода с пищей является молоко (Pearce, 2004).

При этом необходимо учитывать возраст потребителей. Швейцарские экспериментальные исследования показали, что детям с молоком поступает 40–50% йода в зимнее время. Этот доля в два раза выше, чем у взрослых, питание которых более разнообразно (Als, 2003).

Исследований, посвященных определению содержания йода в молоке, проводится достаточно много, и они показывают высокую вариативность концентраций этого микроэлемента (таблица 4.1.1.).

Таблица 4.1.1.

Уровень содержания йода в молоке в разных странах

Страна	Источник данных	Год	Содержание йода, мкг/л	
			диапазон	среднее
США	Bruhn	1983	21–281	142
США	Bruhn	1985	22–4048	499
США	Pennington	1990	20–740	230
США	Demott	1991	222–762	350–419
США	Pearce	2004	352–672	464
Великобритания	MAFF	2000	80–930	311
Австралия	Mu Li	2006	60–412	200

Продолжение Таблица 4.1.1

Страна	Источник данных	Год	Содержание йода, мкг/л	
			диапазон	среднее
Канада	Fischer	1993	87–1304	117–456
Германия	Preiss	1997		115
Италия	Cocchieri	1989	8–4226	
Словакия	Paulikova	2008	8–1791	50–200
Чехия	Curda, Rudolfova	2005	53–1078	
Чехия	Travnicsek	2006	68–1000	442
Польша	Bulinski	1988	24–521	
Япония	Ohno	1989	42–316	
Россия	Техгеосервис	2009	20–408	

Увеличение в течение последних лет концентрации йода в коровьем молоке в Германии объясняется активизацией использования йодированной минеральной смеси для молочных коров (Jahreis, 1999; Bader, 2003). Учёные из Великобритании отмечают рост содержания йода в молоке — с 150 мкг/л в 1991/92 году до 311 мкг/л в 1998/99 году (MAFF, 2000).

По Lengemann (1979) содержание йода в козьем молоке при температуре окружающей среды 33 °С в шесть раз больше, чем при 5 °С. Автор предполагает, что при 33 °С для производства тироксина используется меньше йода, в то время как концентрирование йода в молочной железе продолжается. Однако, по нашему мнению, указанное явление легко объясняется законом Вант-Гоффа, описывающим увеличение скорости химических реакций при увеличении температуры.

Исследование (Pearce, 2004), проведённое в Бостоне (США), показало, что содержание йода в молоке увеличилось на 300 — 500% в период 1965–1980 гг в основном за счёт изменения состава кормов коров.

В Австралии и Новой Зеландии законодательно установлен верхний предел содержания йода в молоке в 500 мкг/л и отмечено необходимым проведение мониторинга содержания йода в молоке (Mu Li, 2006).

4.2. Уровень содержания йода в молоке в Санкт-Петербурге.

Физико-химической лабораторией «Техгеосервис» было проведено исследование содержания йода в коровьем молоке методом инверсионной вольтамперометрии по методике, разработанной в ОАО НПП «Буревестник» и аттестованной в соответствии с ГОСТ Р 8.563–96 и ГОСТ Р ИСО 5725–2002 (Части 1–6). Указанный метод отвечает всем требованиям, установленным РФ к качеству лабораторных испытаний и результатов измерений. Для анализа использовался вольтамперометрический анализатор АВА-3.

В качестве исследуемых образцов были взяты 17 образцов молока нескольких российских молочных заводов. Образцы приобретены через предприятия розничной торговли Санкт-Петербурга. Период проведения измерений — март 2009 г. Результаты измерений представлены в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1.

Производитель	Торговая марка	Содержание йода в молоке				
		Среднее (мкг/кг)	±	Указано на упаковке (мкг/кг)	(мкг/л)	(мкг/250 мл)
1	2	3	4	5	6	7
ОАО «Вимм-Билль-Данн»	«Весёлый молочник»	172,0	43,0		180,6	45,2
	«Агуша, А и С»	20,5	5,1		21,2	5,3
	«Агу Мама»	81,0	20,3	100	86,4	21,6
	«BioMAX»	184,5	46,1	188	190,7	47,7
	«Домик в деревне»	25,0	6,3		26,3	6,6

Продолжение Таблицы 4.2.1

1	2	3	4	5	6	7
ООО «Санкт-Петербургский молочный завод Пискаревский»	«Пискаревское особое»	< 2			< 2	
	«Пискаревское»	< 2			< 2	
	«Клеверок»	< 2				
АО «Валио»	«Valio»	< 2			< 2	
«Молочный комбинат «ПЕТ-МОЛ» ОАО «Компания Юнимилк»	«Тёма»	395,0	98,8		408,2	102,0
	«Петмол»	295,5	73,9		310,3	77,6
	«Простоквашино»	< 2			< 2	
ОАО «Кингисепский молочный комбинат»	«LATE premium»	82,0	20,5		87,5	21,9
АО «ПЕНО ЖВАЙГЖДЕС»	«Сваля»	< 2			< 2	
ООО «Комбинат детского питания» Гатчина	«Доярушка»	48,0	12,0		51,2	12,8
ОАО «Бологовский молочный завод»	«Российское»	< 2			< 2	
ЗАО «Великолукский молочный комбинат»	«Вологодские кружева»	< 2			< 2	

Испытания, проведённые ООО «НПК Техгеосервис», показывают, что содержание йода в молоке варьируется в широких пределах, максимальное содержание йода обнаружено в молоке «Тёма» — около 400 мкг/л.

Производители, за исключением ОАО «Вимм-Билль-Данн», не указывают содержание йода в своей продукции.

ОАО «Вимм-Билль-Данн» указывает на упаковке молока содержание йода, но только для торговых марок «Агу Мама» и «BioMAX». Содержание йода в молоке «Агу Мама» и «BioMAX», указанное

производителем, совпадает, с учетом погрешности измерений, с результатами испытаний.

Образец молока «Агуша, А и С», позиционируемый как молоко для детей, содержит примерно 5 мкг йода на 250 мл молока — количество явно недостаточное для восполнение запасов этого микроэлемента в организме ребенка.

В то же время, молоко «Веселый молочник» содержит йод в достаточном количестве, но сведения о количестве йода на упаковке не указаны.

Следует также отметить, что в большом количестве образцов (8 из 17) содержание йода в молоке ниже 2 мкг/кг!

4.3. Минимальный, максимальный и оптимальный уровни содержания йода в молоке.

Минимальный уровень — 25 мкг/л: На основании многочисленных исследований можно утверждать, что достаточно часто концентрация йода в молоке составляет меньше 2 мкг/л.

Исследования (FEEDAP Panel, EFSA, 2005) показали, что потребление 1,5 мг йода на 100 кг веса коровы (9 мг/день для коровы весом 600 кг) является достаточным количеством для осуществления нормального синтеза гормона тироксина, при этом содержание этого микроэлемента в молоке составляет около 25 мкг/л.

Максимальный уровень — 500 мкг/л: В настоящее время за максимальный уровень содержания йода в йодированном молоке принимается 500 мкг/литр, в некоторых странах этот уровень утвержден законодательно. Производители молочной продукции в государствах, где максимальный уровень содержания йода не определен, как правило, стараются не превышать уровень в 500 мкг/литр на добровольной основе.

Оптимальный уровень — 200 мкг/л: За оптимальный уровень содержания йода в молоке мы предлагаем принять 200 мкг/л. При содержании йода в молоке 200 мкг/л его содержание в стакане на 250 мл будет составлять 50 мкг, что при совместном включении в рацион йодированных яиц, мяса и соли позволит обеспечить необходимую потребность организма в йоде (150–200 мкг/сутки) и способствовать устранению йоддефицита у человека.

При таком содержании йода в продукте вероятность превысить человеком, потребляющим данное молоко в течение длительного времени, максимальный суточный уровень потребления йода (600 мкг/сутки ЕС, 1100 мкг США) минимальна. Обращаем внимание на необходимость соблюдать законодательно установленные в РФ ограничения по содержанию йода в молоке для детей.

Также следует принимать во внимание, что при пастеризации содержание йода в молоке уменьшается.

4.4. Обогащение йодом комбикормов коров.

Как правило, обогащение проводят, используя минеральные или органические соли, дезинфицирующие и лекарственные йод-полимерные препараты. Перечень йодирующих веществ — в таблице 4.4.1.

Таблица 4.4.1.

Добавка	Формула	Тип	Исследователи
Калия йодид	KI	Минеральная соль	Swanson (1990)
Этилендиамин дигидроид (EDDI), также Jodethamine Hydrodine	$C_2H_{10}N_2I_2$	Органическая соль	Swanson (1990), Pennington (1990), Sustala (2003), Berg, Maas, Petersen (1989)
Липоидол * (IFAE — йод в форме эфиров жирных кислот)	480 мг I/1 мл масла	Средство йодной профилактики	Herzig (2003)
Йодоформ	CHI_3	Дезинфицирующий препарат	Pearce et al. (2004), Pennington (1990), MAFF (2000)
Повидон		Дезинфицирующий препарат	Pearce et al. (2004)

Продолжение Таблицы 4.4.1.

Добавка	Формула	Тип	Исследователи
Бетадин, также поливидон-йод		Антисептический и дезинфицирующий препарат	Curda, Rudolfova (2000)
«Монклавит-1»	0,1% I _{крист} 0,2% KI	Лекарственное средство	Техгеосервис (2009)

* — препарат *Липоидол* использовался для профилактики йод-дефицита как у животных, так и у людей посредством внутримышечных инъекций. Исследователи (Herzig, 2003) наблюдали также йодурирующий эффект при выпаживании его коровам.

Увеличение потребления йода коровами способствует повышению массовой доли жира в молоке, что связано с действием продуцируемого щитовидной железой гормона тироксина, составной частью которого является йод. Тироксин принимает активное участие в регулировании биохимических процессов в рубце. При наличии же в кормах коров капусты, являющейся ингибитором усвоения йода организмом, жирность молока резко падает (Богатова и др., 2003).

По исследованиям Underwood и Suttle **минимальное** содержание йода в рационе коров составляет 0,05 — 0,10 мг/кг корма (сухого вещества).

В ЕС установлено **максимальное** содержание йода в кормах для дойных коров в 5 мг/кг (при этом расчетное содержание йода в молоке составит около 125 мкг/л), однако этот уровень признается британскими экспертами как недостаточный для устранения дефицита йода у самих коров, особенно из-за присутствия в кормах ингибиторов усвоения йода, таких как рапс и капуста (Animal nutrition section, Committee on the food chain and animal health, EU, 2005).

По данным NRC (National Research Council, USA) (Flachowski, 2007) содержание йода в корме в концентрации 50 мг/кг является **максимально** допустимым. При этом введение этилендиамин дигидройодида (EDDI) в количестве большем, чем 50 мг/кг, негативных клинических последствий не вызывает. Однако механизм воздействия на коров вещества EDDI изучен недостаточно.

При уровне потребления йода в 12 мг/голову в день негативный клинический эффект не наблюдается (FEEDAP Panel, EFSA, 2005).

Кроуцова (2006) отмечает, что с началом применения минеральных кормовых добавок произошло увеличение содержания йода в молоке в среднем на 200–600 мкг/л. При этом совместное использование йодирующих добавок и рапсового корма снижает содержание йода в молоке.

По исследованиям, проведённым Еврокомиссией, хранение кормов и премиксов в условиях повышенной температуры и влажности, перемешивание и измельчение приводят к потерям йода (FEEDAP Panel, EFSA, 2005).

4.5. Применение йод-содержащих лекарственных средств.

Йодирующий эффект вызывает использование йодсодержащих дезинфицирующих и лекарственных препаратов. По отчёту Еврокомиссии (FEEDAP Panel, EFSA, 2005) на сегодняшний день для обработки сосков коров преимущественно используют Поливинилпирролидон-йод или Ноноксинол-9-йод с содержанием йода от 0,1 до 0,5 %, после чего отмечается увеличение содержания йода в молоке. Такой же эффект вызывают препараты для очистки и дезинфекции доильного оборудования, содержащие йод, например, Повидон (Mu Li, 2006).

Дезинфектант Йодоформ нашёл широкое применение на молочных хозяйствах в ряде стран, однако его довольно высокая токсичность стимулирует к поиску альтернативных средств йодирования.

Согласно ряду заключений, сделанных Еврокомиссией, применение йод-содержащих антисептиков может повысить содержание йода в молоке на 50 — 150 мкг/л (FEEDAP Panel, EFSA, 2005).

Словацкие учёные Kurda и Rudolfova отмечают йодирующий эффект при использовании дезинфицирующего средства «Бетадин» (Kursa, 2005).

Чешскими исследователями был замечен йодирующий эффект при выпаивании и внутримышечном введении препарата Липоидол (Herzig, 2003).

Наманн и Неешчен (1982) отмечают, что наряду с использованием дезинфицирующих средств, доение, марка доильных машин, размер стада, производительность коровой молока и сезон также оказывают влияние на содержание йода в молоке.

Исследования, проведённые в Австралии, показали взаимосвязь между отказом от использования йодсодержащих антисептиков для обработки вымени и возникновением проблемы йод-дефицита в стране (Му Ли, 2006).

4.6. Йодирование коровьего молока. Коэффициент обогащения йодом молока.

Коэффициент Кйод, описывающий процесс обогащения йодом корма коров с целью получения йодированного молока, рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{Кйод} = C_{\text{I,milk}} / C_{\text{I,feed}}, \quad (1.6)$$

где $C_{\text{I,milk}}$ — концентрация йода в молоке, **мкг/л**;

$C_{\text{I,feed}}$ — концентрация йода в корме, **мг/кг**.

Таблица 4.6.1.

Таблица параметров процесса йодирования молока коров

Концентрация йода в корме, $C_{I,feed}$	Кол-во йода, потребляемого коровой в сутки на 100 кг bw^* , $Q_{I\ per\ 100bw}$	Содержание йода в молоке, $C_{I,milk}$	Коэффициент Кйод	Источник
мг/кг	мг/(100 кг bw)	мкг/л		
0,6	1	25	41,67	Полиномиальная модель расчёта, Binnerts: $1,5+17,5x-1,6x^2-0,008x^3-0,000007x^4 = C_{milk}$ мкг/100мл, (где x — ежедневная добавка йода в мг отнесённая к 100) (Binnerts, W.T. 1958)
1	1,67	32	32,00	
1,5	2,5	41	27,33	
2	3,33	50	25,00	
4	6,67	84	21,00	
6	10	118	19,67	
10	16,67	184	18,40	
0,6	1	16	26,67	Линейная модель расчёта, Alderman and Stranks: $2,13x+3,1 = C_{milk}$ мкг/кг, (где x — добавка йода в мг/день) (Alderman, G. and Stranks, M.H. 1967)
1	1,67	24	24,00	
1,5	2,5	35	23,33	
2	3,33	46	23,00	
4	6,67	88	22,00	
6	10	131	21,83	
10	16,67	216	21,60	
Среднее значение коэффициента \approx			25	

* — bw — *body weight* (англ. 'вес тела'), используется для обозначения расчёта на кг веса тела.

4.7. Процесс обогащения молока посредством йодирования корма коров. Йодирование молока специальными добавками.

Как правило, йодирование проводилось с определённой периодичностью. Средний вес участвующих в исследованиях молочных коров составил ≈ 600 кг. Возраст коров, например, в исследованиях (Swanson, 1990) варьировался от 47 до 61 месяца.

Дозу йодирующей добавки рассчитывали индивидуально для каждой коровы с учётом её веса и потребления корма. Данные о потреблении корма весьма разнятся среди европейских учёных, встречаются как 7 кг/день, так и 10 и 20 кг/день. Добавку в корм вносили, соблюдая режим. Так, чешские исследователи (Sustala, 2003) выбрали двухразовый прикорм — в 7 часов утра и 15 часов дня. Американский учёный Swanson (1990) для йодирующего прикорма использовал трёхразовое кормление: в 7, 12 и 17 часов дня.

При длительном исследовании пробы молока отбирались ежедневно с последующим замораживанием до анализа.

Получение йодированного молока возможно также за счёт его прямого обогащения на молочном заводе посредством йодирующих добавок. Так, ряд российских заводов в качестве йодирующей добавки используют препарат «Йодказеин».

4.8. Применение препарата «Монклавит-1» для йодирования коровьего молока.

Использование «Монклавит-1» в качестве йодирующей добавки удовлетворяет условиям производства обогащенной продукции (п. 2.3.3.).

Концентрация йода в препарате составляет не менее 2,5 мг/мл. Во всех представленных ниже отчётах вес коровы принят равным 600 кг, а потребление корма в день — 10 кг по умолчанию. На основании исследований европейских ученых мы получили среднее значение коэффициента обогащения Кйод, равным 25 (Binnerts, W.T. 1958; Alderman, G. and Stranks, M.H. 1967).

Рассчитаем количество препарата «Монклавит-1», необходимое для получения молока с концентрацией йода 225 мкг/л (методика расчета аналогична расчетам, приведенным в разделе о йодировании яиц):

1. Определим концентрацию йода в корме:

$$C_{I, \text{feed}} = C_{I, \text{milk}} / 25 = 225 / 25 = 9 \text{ мкг/кг.}$$

2. Таким образом корова получает в день следующее количество йода:

$$Q_{I \text{ per } 100 \text{bw}} = 9 \text{ мкг/кг} * 10 \text{ кг} * 100 \text{ кг} / 600 \text{ кг} = \mathbf{15 \text{ мг}}$$
 (на 100 кг веса животного).

3. Вычисляем объём Монклавита, содержащий столько же йода:

$$V_{\text{монс per } 100 \text{bw}} = Q_{I \text{ per } 100 \text{bw}} / 2,5 \text{ мг/мл} = 15 / 2,5 = \mathbf{6 \text{ мл}}$$
 (на 100 кг веса животного).

Используя такую же последовательность, мы рассчитали добавку препарата Монклавит ещё для нескольких концентраций йода в молоке (таблица 4.8.1.).

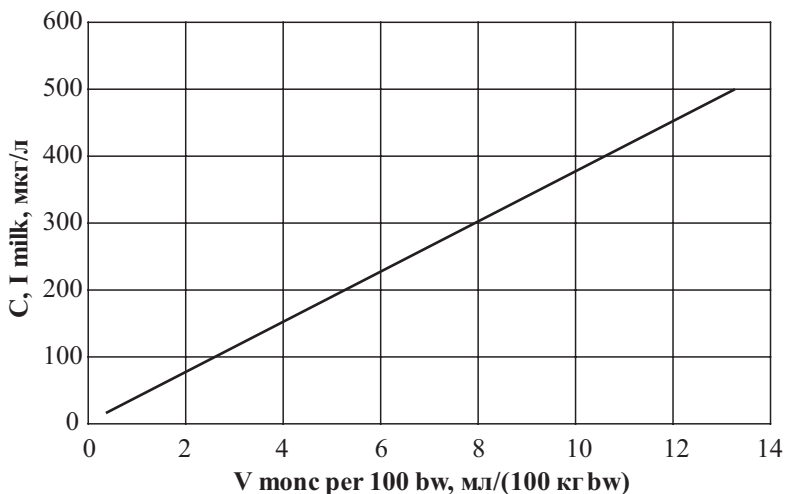
Таблица 4.8.1.

**Расчётная таблица для получения йодированного молока
с заданным содержанием йода**

Концентрация йода в корме, $C_{I,feed}$	Кол-во йода, потребляемого коровой в сутки*, $Q_{I \text{ per } 100bw}$	Кол-во препарата «Монклавит-1», потребляемое в сутки*, $V_{\text{монс per } 100bw}$	Концентрация йода в молоке, $C_{I,milk}$	Физиологическая значимость
мг/кг	мг/(100 кг bw)	мл/(100 кг bw)	мкг/л	
0,36	0,6	0,24	9,0	Нормальный синтез тироксина
0,6	1,0	0,4	15,0	Для ремонтного молодняка
0,9	1,5	0,6	22,5	В период лактации
1,5	2,5	1,0	37,5	
2,5	4,2	1,5	62,5	
3,0	5,0	2,0	75,0	
6,0	10,0	4,0	150,0	
9,0	15,0	6,0	225,0	Получение йодированного молока
15,0	25,0	10,0	375,0	
20,0	33,33	13,3	500,0	

* — расчёт производился на средний вес коровы 600 кг с учётом суточного потребления корма, принятым нами как 10 кг.

График 5. Расчетная зависимость содержания йода в молоке от количества препарата «Монклавит-1», потребляемого в сутки



По данным, предоставленным Еврокомиссией (FEEDAP Panel, EFSA, 2005), ежедневное производство тироксина растущих и не-кормящих коров составляет 0,2 — 0,3 мг тироксина на 100 кг веса коровы, что соответствует 0,13 — 0,2 мг йода. Изучение процессов поглощения йода щитовидной железой и его переработки показали, что 0,6 мг йода (0,24 мл Монклавита) на 100 кг веса коровы являются достаточным количеством для осуществления нормального синтеза гормона тироксина в организме коровы. Получаем, что для коровы весом 600 кг необходимо потребление 3,6 мг йода в сутки (1,44 мл препарата Монклавит).

Для ремонтного молодняка (растущих бычков и тёлочек) требуется почти такое же количество йода, как для беременных коров. Тем не менее, рекомендованные значения несколько выше — 0,4 мл препарата Монклавит в расчёте на 100 кг веса животного.

В период лактации коров темпы производства гормона тироксина увеличиваются в 2,5 раза. Требуемое количество йода становится равным 1,5 мг на 100 кг веса коровы или 9 мг в день в расчёте на одно животное. Таким образом, для коровы весом 600 кг в период лактации необходимо 3,6 мл препарата Монклавит в сутки.

Расчетный расход Монклавита на 1 голову составляет:

Для обеспечения физиологических потребностей в йоде телят и сухостойных коров	0,24 мл/сутки на 100 кг веса (7,2 мл/месяц)
Для обеспечения физиологических потребностей в йоде ремонтного молодняка	0,4 мл/сутки на 100 кг веса (12 мл/месяц)
Для обеспечения физиологических потребностей в йоде коров в период лактации, концентрация йода в молоке — 20 мкг/л	0,6 мл/сутки на 100 кг веса (18 мл/месяц)
Для получения йодированного молока с содержанием йода — 200 мкг/л	6 мл/сутки на 100 кг веса (180 мл/месяц)
Фармакологическая доза препарата «Монклавит-1», концентрация йода в молоке — 500 мкг/л	13,3 мл/сутки на 100 кг веса

Выполним теоретический расчёт для возможного **прямого добавления препарата Монклавит** в молоко, принимая, что 1 мл Монклавита содержит 2500 мкг йода:

Рассчитаем добавку Монклавита для получения концентрации йода в молоке 250 мкг/л:

$$C_{I,milk} = (V_{monc} * C_{I,monc}) / V_{milk},$$

где $C_{I,milk}$ — концентрация (*concentration*) йода в молоке, мкг/л;

$C_{I,monc}$ — концентрация йода в препарате Монклавит, мкг/мл;

V_{milk} — объём (*volume*) молока, л;

V_{monc} — объём добавки препарата Монклавит, мл.

Получаем:

$$V_{monc} = (C_{I,milk} * V_{milk}) / C_{I,monc} = (250 \text{ мкг/л} * 1 \text{ л}) / 2500 \text{ мкг/мл} = \mathbf{0,1 \text{ мл}}$$

Таблица 4.8.2.

Расчётная таблица для йодирования молока напрямую с помощью препарата «Монклавит-1»

Объём добавки Монклавита на 1 литр молока, $V_{\text{монс}}$	Содержание йода в литре молока, $C_{1,\text{milk}}$	Содержание йода в стакане молока
мл*	мкг/1л	мкг/250мл
0,05	125	31,25
0,1	250	62,5
0,15	375	93,75
0,2	500	125

* — для визуализации расчётов отмечаем объёмное соответствие 0,05 мл с одной каплей медицинской пипетки, 0,1 мл — 2 капли и т.д.

4.9. Оценка эффекта применения препарата «Монклавит-1» при аэрозольном распылении и алиментарном применении. (в соавторстве с к.в.н. Н.А. Михайловым)

По заявке завода изготовителя препарата «Монклавит-1» нашей компанией совместно с сотрудниками Санкт-Петербургской Государственной Академии Ветеринарной Медицины (СПбГАВМ) и одним из животноводческих хозяйств Ленинградской области было проведено исследование, целью которого являлась оценка эффекта применения препарата «Монклавит-1» при аэрозольном распылении и выпаивании. Постановка опыта проходила под руководством профессора СПбГАВМ, доктора ветеринарных наук Кузнецова Анатолия Федоровича.

Исследование состояло из 2-х частей:

1. Аэрозольная обработка животноводческих помещений препаратом «Монклавит-1» в присутствии животных. Период проведения опыта — с 23.06.09 по 04.07.09 (12 дней). Препарат «Монклавит-1» в объеме 2 литра распыляли ежедневно 1 раз в течение

12 дней распылителем Sprayer в кормовом проходе над коровами опытной группы.

2. Выпаивание коровам препарата «Монклавит-1» с водой 1 раз в день по 100 мл на голову в течении 5 дней. Период проведения опыта — с 30.06.09 по 04.07.09 (5 дней).

В исследовании участвовали коровы чёрно-пёстрой породы. Каждая группа состояла из 5 коров. По окончании опытов у опытных и контрольной групп отобрали пробы молока и крови. Контрольные пробы отобрали в коровнике, где препарат «Монклавит-1» не применялся. Результаты измерений представлены в таблице 4.9.1.

Таблица 4.9.1.

**Уровень содержания йода в молоке
после аэрозольной обработки и выпаивания препарата**

Описание проб	Количество проб	Среднее в группе содержание йода, мкг/л	Среднее в группе содержание жира в молоке, %	Среднее в группе содержание соматических клеток (тыс/см.куб)
Контроль	5	< 2	3,24	$8,76 \times 10^5 \pm 2,55$
Опыт — аэрозольная обработка	5	$62,3 \pm 28,5$	3,80	$9,94 \times 10^5 \pm 2,28$
Опыт — выпаивание	5	$509,9 \pm 20,5$	4,08	$2,96 \times 10^5 \pm 1,07$

Измерение содержания йода в молоке производилось в лаборатории НПК «Техгеосервис», биохимический анализ проводился на базе испытательной лаборатории кафедры биохимии и органической химии ФГОУВПО «СПБГАВМ».

После проведения **аэрозольной обработки** препаратом «Монклавит-1» содержание йода в полученном молоке находится в интервале от 30 до 93 мкг/л. Содержание жира в молоке при этом довольно стабильно и составляет в среднем 3,85% жира, что на 17% больше, чем в контрольных пробах. Содержание йода в полученном

молоке свидетельствует, что лактирующие коровы получили при аэрозольной обработке помещения дозу йода достаточную для обеспечения потребности их организмов (см. табл. 4.9.2).

Выпаивание «Монклавита-1» с водой в фармакологической дозе 100 мл позволило получить достаточно стабильное содержание йода в молоке — порядка 510 мкг/л, находящееся на границе максимальной нормы содержания йода в молоке (см. главу 4.3). Обращаем внимание, что при тепловой обработке молока, стерилизации содержание йода уменьшается. Содержание жира в молоке составило в среднем около 4,1%, что на 26% больше, чем в контрольных пробах. Следует также отметить, что в двух случаях содержание жира составило 4,5 и 4,7 %.

Количество соматических клеток в молоке является параметром качества молока и индикатором физиологического статуса молочной железы.

В молоке коров группы выпаивания содержание соматических клеток составляло $2,96 \times 10^5 \pm 1,07$, что приближает полученное молоко к оценке высшего сорта, а молоко коров группы аэрозольного применения ($9,94 \times 10^5 \pm 2,28$) и контрольной группы ($8,76 \times 10^5 \pm 2,55$) — к 1 сорту.

На вариативность результатов по содержанию йода и жира в молоке возможное влияние оказало состояние здоровья коров, технология проведения распыления, аэродинамика помещения.

Таблица 4.9.2.

Сравнительная оценка результатов биохимического исследования крови коров до и после аэрозольного применения «Монклавита-1»

№	Показатель	Ед. изм.	Норма	До применения	После применения
1	α-глобулин	%	12–20	$12,58 \pm 0,6$	$14,826 \pm 2,85$
2	γ-глобулин	%	25–40	$35,59 \pm 2,83$	$43,394 \pm 1,89$
3	Гормон T ₃	нмоль/л		$4,25 \pm 0,25$	$5,58 \pm 0,32$

Основные биохимические показатели находятся в пределах физиологической нормы. Анализируя полученные данные (табл. 4.9.2.), можно отметить, что после применения «Монклавита-1» у коров в крови отмечено увеличение α -альфа глобулинов — на 17,8% и γ — глобулинов — на 21,9%, гормона ТЗ — на 31,3%. Наблюдается ожидаемое повышение уровня гормонов щитовидной железы, но гормональный статус находится в пределах физиологической нормы.

Из клинических показателей крови — после применения «Монклавит-1» отмечено увеличение гемоглобина на 6,3%, цветного показателя — на 36,2%. Также зарегистрировано в лейкоформуле увеличение числа сегментоядерных нейтрофилов с 38,3% до 52% (т.е. на 35,7%) и снижение эозинофилов на 0,66%. Снижение количества эозинофилов подтверждает, что препарат Монклавит не обладает аллергенностью.

Приведенные данные по гематологическим показателям подтверждают, что «Монклавит-1» при аэрозольном использовании оказывает стимулирующее действие на клинические показатели крови у коров.

Вывод: Поставленный опыт подтверждает, что использование препарата «Монклавит-1» в молочном скотоводстве является безопасным, обеспечивает потребность животных в йоде, повышает их иммунитет, а также позволяет получать высококачественную, обогащенную йодом продукцию.

Библиография:

Алиева С. «Ликвидировать йододефицит раз и навсегда», www.zerkalo.az, 19.06.2010.

Агрехимиздат. «Химический состав пищевых продуктов», 2-е изд., М., 1987

Антонова М.С. Борьба с йод-дефицитом: история и современность.// Электронный журнал «Исследовано в России», 2004.

Ахмедова З. «Потребление нейодированной соли чревато для населения Азербайджана серьезными заболеваниями — эксперт (фотосессия)», www.trend.az, 09.06.2010.

Богатова О.В., Н.Г. Догарева. Химия и физика молока. ГОУ высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», Кафедра технологии переработки молока и мяса. — Оренбург, 2003.

Борисенкова А.Н. О лечебно-профилактических свойствах йодиола при экспериментальном пастерилезе кур.// Сб. Трудов ВНИИ БП, 1965. с. 149–151.

Василенко И.Я., Василенко О.И. «Радиоактивный йод» // Энергия: экономика, техника, экология. 2003, № 5, с. 57–62

Василенко Л. Статья, www.inkar-info.livejournal.com, 07.05.2008.

Васильева С.В., Конопатов Ю.В. Клиническая биохимия крупного рогатого скота. Учебное пособие. — СПб., Издательство СПбГАВМ, 2009.

Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. // М. — 1950.

ВНИТИП, 2007–2008. Эксперименты под руководством академика РАСХН И.А. Егорова по изучению биологической активности и доступности йода, как кормовой добавки. Источник — компания «Кормозаготовка».

ВОЗ, Всемирная Организация Здравоохранения. «Опасения связанные с кризисной ситуацией на атомной электростанции в Японии», 2011

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) «Медицинские последствия Чернобыльской аварии» Информационный бюллетень № 303, 2006

Герасимов Г. «О рекомендациях всемирной организации здравоохранения по йодной профилактике после ядерных катастроф», «Клиническая Тиреоидология». Т. 1. 2003 №4

Герасимов Г. «Йодный дефицит в России все еще не устранен», www.fbr.info, 2010.

Гуревич Г.П., Л.К. Жабская, Э.А. Межвинская. Содержание йода в йодированной соли в зависимости от температуры, влажности и срока хранения. // *Вопр.питания*, 12, 1:84. — 1953.

Дефицит йода — угроза здоровью и развитию детей России. Пути решения проблемы. Национальный доклад. // *Министерство здравоохранения и социального развития РФ, Российская академия медицинских наук, ГУ Эндокринологический научный центр РАМН, Центр по йододефицитным заболеваниям МЗ и СР РФ, ГУ НИИ питания РАМН, Центр научно-технического сотрудничества предприятий соляной промышленности.* — М. — 2006.

Завтра, медиа-группа. Статья: «Дефицит йода в Украине приобретает угрожающие формы. Где рождаются дебилы в Украине», www.zavtra.com.ua, 20.01.2010.

Йодомарин — интернет-сайт, www.iodomarin.com.ua. Статьи: «Чем опасен йододефицит?», 22.06.2010; «Украинская педиатрия не стоит на месте», 09.04.2010; «Профилактика и лечение ЙДЗ», 2010.

Каган Р.С., Р.Я. Казначей. О профилактике эндемического зоба. // *Врач. Дело*, 4:305 — 1951.

Киняева М. «30 регионов России, где отмечается дефицит йода», www.aquaexpert.ru, 2009.

Кулиев Ш.М. Влияние новых йодных удобрений на рост, развитие и урожайность хлопчатника. В сб.: *Микроэлементы в сельск. хоз. и мед.*, Киев. — 1962.

Лифляндский В.Г. Витамины и минералы от А до Я. // *Издательский Дом Нева* — Москва, Петербург — 2006.

Лоде Х. «Катетер-ассоциированные инфекции в ОИТ». *Материалы Международной конференции «Нозокомиальные инфекции в отделениях интенсивной терапии».* 1998; с.15–16.

Маменко М.Е. «Интервью с Маменко М.Е. (педиатр о йододефиците)», www.iodomarin.com.ua, 06.04.2010.

Министерство здравоохранения СССР «Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах для различных групп населения». — 1991.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации». — 2010.

Министерство здравоохранения российской федерации, приказ от 24 января 2000 г. N 20

О введении в действие руководства по организации санитарно — гигиенических и лечебно — профилактических мероприятий при крупномасштабных радиационных авариях

Министерство Здравоохранения РФ, 31.03. 1993. Рекомендации по применению препаратов стабильного йода населением для защиты щитовидной железы и организма от радиоактивных изотопов йода.

Моллаева Н.Р. Пренатальный, интранатальный и постнатальный период у детей, страдающих психическими расстройствами, на территории с различной степенью йоддефицита. Российская медицинская академия последипломного образования, Москва // Российский психиатрический журнал, № 2, 2009.

Мохнач В.О. Соединения йода с высокополимерами, их антимикробные и лечебные свойства.// М.-Л. —1962.

Мохнач В.О. Теоретические основы биологического действия галоидных соединений. // Л. —1968.

Мохнач В.О. Йод и проблемы жизни (Теория биологической активности йода и проблемы практического применения соединений йода с высокополимерами). // Изд-во «Наука», Ленингр.отд., Л. — 1974.

Мохорт Т.В. Белорусский государственный медицинский университет; Петренко С.В., Океанов А.Е., Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова; Коломиец Н.Д. Белорусская академия последипломного образования «Результаты внедрения стратегии ликвидации йодной недостаточности в республике Беларусь» // Международный эндокринологический журнал 2(8) 2007 / Оригинальные исследования /Original Researches/.

Национальный доклад. Дефицит йода — угроза здоровью и развитию детей России. Пути решения проблемы. //Минздравсоцразвития РФ, Российская Академия медицинских наук, ГУ Эндокринологический научный центр РАМН Центр по йоддефицитным заболеваниям МЗ и СР РФ, ГУ НИИ питания РАМН, Центр научно-технического сотрудничества предприятий солевой промышленности. — М. — 2006.

Пейве Я.В. Руководство по применению микроудобрений./М.— 1963.

Постановление главного санитарного врача РФ от 11.07.2000 №5 «О коррекции качества питьевой воды по содержанию биогенных элементов».

Росбалт, информационное агенство. Статья: «От правительства РФ ждут закон об йодированной соли», www.gosbalt.ru, 16.11.2010.

Спасюк Е. «Победу над дефицитом йода Беларуси праздновать рано», www.naviny.by, 24.03.2010.

Спасюк Е. «Соль земли — цветам жизни», www.naviny.by, 10.09.2010.

Справочник по инкубации яиц. // М., Агропромиздат, 1990, с.8, 20.

Тиронет — интернет сайт, www.thyronet.ru.

Фисинин В.И. Птицеводство России — стратегия инновационного развития. // ГНУ Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2009 г. Москва, 2009.

Фисинин В.И., Сурай П. Природные минералы в кормлении животных и птицы. // Животноводство России, август 2008.

Фогель Л.С., А.Ф. Кузнецов, А.В. Варюхин, А.В. Павлов, Э.В. Табунс и др. Йод в молоке. // Ветеринария, № 3 — 2007.

Широкова В.И., В.И. Голоденко, В.Ф. Демин и др. Йодная недостаточность: диагностика и коррекция. // Педиатрия, № 6 — 2005.

Щербатов В., Л. Сидоренко и др. Новый признак в селекции несушек. // Животноводство России, декабрь 2005.

Abraham, Guy E., The Wolff-Chaikoff Effect: Crying Wolf.// **The Original Internist** — 2005.

Alderman, G. and M.H. Stranks. The iodine content of bulk herd milk in summer in relation to estimated dietary iodine intake of cows. // *J. Sci. Food Agric.* 18, 151–153.- 1967.

Als, C., M. Haldimann, E. Burgi, F. Donati, H. Gerber and B. Zimmerli. Swiss pilot study of individual seasonal fluctuations of urinary iodine concentration over two years: is agedependency linked to the major source of dietary iodine? // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2003 May; 57(5), 636–46.- 2003.

Animal nutrition section. Summary minutes of the meeting of the standing committee on the food chain and animal health. // Brussels — 2005.

Arrington L.R., N.A. Marcilese, R.H. Harms and R.M. Valsecchi. Iodine uptake by ova of hens given excess iodine and effect upon ova development. // *J. Nutrition*, 94. — 1968.

- Bader, N., U. Möller, M. Leiterer, K. Franke, and G. Jahreis. Iodine content in human milk and cows milk increased continuously. — Investigations in Jena/Thuringia. Submitted for publication.- 2003.
- Baker D.H., T.M. Parr and N.R. Augspurger. Oral iodine toxicity in chicks can be reversed by supplemental bromine./ The American Society for Nutritional Science. Journal Nutrition. Vol.133. — 2003.
- Berg J.N., D. Padgitt, B. McCarthy. Iodine concentration in milk of dairy cattle fed various amounts of iodine as ethylenediamine dihydroiodide. Journal of Dairy Science, 71, 3283–3291.- 1988.
- Binnerts, W.T. 1958. Acta Physiol. Pharmacol. Neerlandica 7, cited from Harding, F. 1982. Iodide in Milk and Milk Procducts. International Dairy federation, IDF Doc 152, Bruxelles.
- Bruhn, J.C., A.A. Franke. An Indirect Method for the Estimation of the Iodine Content in Raw Milk. Journal of Food Protection 48:397–400.— 1985.
- Bruhn, J.C., A.A. Franke. Iodine in Human Milk; Journal of Dairy Science 66:1396–1398.
- Bruhn, J.C., A.A. Franke, R.B., Bushnell, et al. Sources and Content of Iodine in California Milk and Dairy Products. Journal of Food Protection 46:41–46.— 1983.
- Bruhn, J.C., A.A. Franke, T.W. Smith. Iodine in california Farm Milk. Journal of Food Protection 50:765–768 : 1885–1986.- 1987.
- Bulinski, R., Z. Marzec, N. Koktysz. Determination of Iodine in Milk and Milk Products. Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny 39:198–202.— 1988.
- Cepulienė R., R. Bobiniene, V. Sirvydis, D. Gudaviciute, M. Miskiniene, I. Kepaliene. Effect of stable iodine preparation on the quality of poultry products./ Veterinarija ir zootechnika, 42(64) — 2008 .
- Cocchieri, R.A., A. Arnese, A.M Minicucci, et al. The Iodine Content of Milk Produced in Central-Southern Italy. Rivista della Societa Italiana di Scienze dell'Alimentazione 18:331–338.— 1989.
- Curda L., J. Rudolfova. Changes of iodine content in milk of cows treated with Betadine. Czech J. Food Sci., 18 (2000): 5–8.
- Demott, B.J., H.C. Holt. Iodine Concentration of Raw Milk in Tennessee. // Tennessee Farm and Home Science 158:31–34.— 1991.
- FEEDAP Panel, EFSA. Opinion of the Scientific Panel on additives and product or substances used in animal feed on the request from the Commission on the

use of iodine in feedingstuffs.// The European Food Safety Authority Journal. —2005: 168.

Fischer, P.W.F., A. Giroux. Iodine Content of Canadian Retail Milk Samples. Food Research International 26:277–281.— 1993.

Flachowski G. Iodine in animal nutrition and iodine transfer from feed into food of animal origin. Vol.42 (2), Oct. 2007.

Flynn, A., O. Moreiras, P. Stehle et al. Vitamins and minerals: A model for safe addition to foods.// European Journal of Nutrition. — 2003.

Groppe, B., W.A. Rambeck and J. Groppe. Jodanreicherung in Organen und Geweben von Mastkühen nach Jodsupplementation des Futters. Proc. 11. Arbeitstagung Mengen- und Spurenelemente, 12./13.12.1991, Jena, 300–308.— 1991.

Hamann, J. and W. Heeschen. On the iodine content of milk. Milchwissenschaft 37(9), 525–529.— 1982.

Hardmann, M., A. Alt, A. Blanc, K. Blouneau. Iodine content of food groups.// Journal of Food Composition and Analysis, 18, 2005.

Herzig I., J. Poul, B. Pisaricova, E. Gopfert. Milk iodine concentration in cows treated orally or intramuscularly with a single dose of iodinated fatty acid esters. Vet. Med. — Czech, 48, 2003 (6):155–162.

Herzig I., J.Travnicek, J.Kursa, V.Kroupova, I.Reznicek. Content of iodine in broiler meat/Acta Vet.Brno 2007, 76:137–141.

ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. //Third Edition. World Health Organization, UNICEF [<http://www.iccidd.org>] International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders.

ICCIDD. May 2010. IDD newsletter, volume 36, №2.

Jahreis, G., W. Haussmann, G. Kiessling, K. Franke and M. Leiterer. Bioavailability of iodine from normal diets rich in dairy products — results of balance studies in women. Exp. Clin.Endocrinol. Diabetes 109 (3), 163 — 167.- 2001.

Jahreis, G., M. Leiterer, K. Franke, W. Maichrowitz, F. Schöne and V. Hesse. Jodversorgung bei Schulkindern und zum Jodgehalt der Milch. Kinderärztliche Praxis 16, 172–181.3 1999.

Kaufmann S., J. Kursa, V. Kroupova, W.A. Rambeck. Iodine in milk by supplementing feed: An additional strategy to erase iodine deficiency. Vet. Med. — Czech, 43, 173–178.— 1998.

- Kaufmann, S., G. Wolfram, F. Delange, W.A. Rambeck. Iodine supplementation of laying hen feed: A supplementary measure to eliminate iodine deficiency in humans? // *Ernahrungswiss* 37. — 1998.
- Kroupova V., J. Travnicek, I. Herzig, J. Kursa. Iodine content in consumer hen eggs./ *Veterinari Medicina*, 51. — 2006.
- Kursa J., I. Herzig, J. Travnicek, V. Kroupova. Milk as a Food Source of Iodine for Consumption in the Czech Republic. *Vet. Brno* 2005, 74: 255–264.
- Lengemann FW. Effect of low and high ambient temperatures on metabolism of radioiodine by the lactating goat. *J Dairy Sci* 62: 412–417.— 1979.
- Lichovnicova M., L. Zeman. The effects of a higher amount of iodine supplement on the efficiency of laying fed extruded rapeseed and on eggshell quality./ *Czech. J. Anim. Sci.*, 49. — 2004.
- Linus Pauling Institute // Iodine.
- Maas J., J.N. Berg, R.G. Petersen. Serum distribution of iodine after oral administration of ethylenediamine dihydroiodide in cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 50, 1758–1759.— 1989.
- MAFF. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 1997. Nutrient analysis of liquid pasteurised milk. Food Surveillance Sheet Number 198 <http://archive.food.gov.uk/maff/archive/food/infosheet/1997/no128/128milk.htm>.
- MAFF. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 2000. Iodine in milk. Food Surveillance Sheet Number 198 www.food.gov.uk/science/surveillance/maffinfo/2000/maff-2000-198.
- Mu Li, Kay V. Waite, Gary Ma, J. Creswell. Declining iodine content of milk and re-emergence of iodine deficiency in Australia. *MJA* 2006; 184(6):307.
- Nutrient and energy intakes for the European Community.// European Commission. Scientific Committee of Food. 31 series. — 1993.
- Ohno, S., T. Itoh, H. Morishima, Y. Honda. Relationship Among Iodine, Bromine and Chlorine Concentrations in Cow's Milk in Japan. *Radioisotopes (Hoshasei Doigenso)* 38:279–281.— 1989.
- Paulíková I., H. Seidel, O. Nagy, G. Kováč. Milk Iodine Content in Slovakia. *Acta Vet. Brno* 2008, 77: 533–538.
- Pearce Elizabeth N., Sam Pino et all. Sources of dietary iodine: bread, cow's milk, and infant formula in the Boston area. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 89(7): 3421–3424,— 2004.

Pennington, J.A.T. Iodine Concentrations in US Milk: Variation Due to Time, Season, and Region. *Journal of Dairy Science* 73:3421–3427.- 1990.

Peterson J. *Jehrbuch für die geflügelwirtschaft*. Eugen ulmer verlag stuttgartd./ — 1997.

Preiss, U., C. Alfaro Santos, A. Spitzer, P.R. Wallnofer. Iodine Content of Bavarian Consumer Milk. *Z Ernährungswiss* 36:220–224.— 1997.

Rasmussen, L.B., L. Ovesen, I. Bülow, T. Jørgensen, N. Knudsen, P. Laurberg and H. Perrild. Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in a Danish population: effect of geography, supplements and food choice. *Br. J. Nutr.* 87, 61 — 69.- 2002.

Richter G. Einfluss der jodversorgung der legehennen auf den jodgehalt im ei. Proc. 15. Arbeitstagung mengen- und spurenelemente./ Jena, 8. — 1995.

SCF. Opinion of the Scientific Committee of Food on Tolerable Upper Intake Level of Iodine.// European Commission. Directorate C. — 2002.

Sustala M., J. Trinacty, V. Kudrna, J. Illek, K. Sustova. The effect of iodine supplementation on its output and thyroid gland status in dairy cow on a diet containing rapeseed meal. *Czech J. Anim. Sci.*, 48, 2003(4): 170–180.

Swanson, E.W., J.K. Miller, F.J. Mueller, et al. Iodine in Milk and Meat of Dairy Cows Fed Different Amounts of Potassium Iodide or Ethylenediamine Dihydroiodide. *Journal of Dairy Science* 73:398–405.— 1990.

Thomas C. Hemling, PhD. Iodine in milk. — 2001.

Thomson Christine D. Dietary recommendations for iodine around the world. // ICCIDD. IDD Newsletter. Volume 18 Number 3, August 2002.

Travnicek J., I. Herzig, J. Kurša, V. Kroupova, M. Navratilova. Iodine content in raw milk. *Vet. Med.* — Czech, 43, 2006 (9): 448–453.

Verger P, Aurengo A, Geoffroy B, Le Guen B. Iodine kinetics and effectiveness of stable iodine prophylaxis after intake of radioactive iodine: a review. *Thyroid*. 2001 Apr;11(4):353–60. Institut of Protection and Nuclear Safety, Human Health Protection and Dosimetry Division, Fontenay-aux-Roses, France.

Underwood E.J., N.F. Suttle. The mineral nutrition of livestock, 3rd ed. (reprinted with corrections). CAB International, Wallington, UK. PB ISBN 0 85199 557 8; 624 pp. 2001. Iodine, p.343–374.

Ungelenk M.B. Algen als jodquelle in der legehennenfütterung. Möglichkeit zur verbesserung der jodversorgung des menschen./ Diss. LMU München — 2000.

UNICEF. Iodine deficiency in Europe. A counting public health problem. // World Health Organization.

UNICEF, 2010. Статья: «Общественная палата РФ выступила против йододефицита и за йодированную соль», 05.10.2010, www.unicef.ru.

WHO, World Health Organization. Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents Update 1999. Geneva 1999

WHO. Iodine. //World Health Organization. — Food Additives Series 24.

WHO. Trace elements in human nutrition and health. // World Health Organization. — Geneva. — 1996.

WHO. UNICEF & ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. 3rd ed. Geneva, Switzerland: WHO, 2007;

WHO Secretariat, Andersson M, de Benoist B, Delange F, Zupan J. Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-years-old: conclusions and recommendations of the Technical Consultation. Public Health Nutr. 2007 Dec;10(12A):1606–1611. [PubMed abstract].

Yalçın S., Z. Kahraman, S. Yalçın, S.S. Yalçın, H.E. Dedeoğlu. Effects of supplementary iodine on the performance and egg traits of laying hens./ British Poul. Sci., 45 — 2004.

Спиридонов Андрей Александрович
Генеральный директор ООО НПК «Техгеосервис»

Мурашова Евгения Владимировна

Кислова Ольга Федоровна
Инженер-химик физико-химической лаборатории
ООО НПК «Техгеосервис»

**ОБОГАЩЕНИЕ ЙОДОМ
ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА.
НОРМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

ООО НПК «Техгеосервис»
196006, Санкт-Петербург, ул. Коли Томчака, д. 28
Тел./факс: (812) 337-55-94
e-mail: tgs.spb@mail.ru

Отпечатано в ООО «СПС-Принт»
196084, Санкт-Петербург, ул. Коли Томчака, д. 28
Тел./факс: (812) 337-20-28
e-mail: info@sps-print.ru

Тираж 500 экз. Заказ 11.165–И.