

**КИНЕТИКА ТИРЕОИДНЫХ ГОРМОНОВ  
У РАБОТНИКОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И КОНТРОЛЬНОЙ ГРУППЫ МУЖЧИН г. АРХАНГЕЛЬСКА  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГОДА ИССЛЕДОВАНИЯ**

В.А. Попкова\* ORCID: [0000-0002-0818-7274](https://orcid.org/0000-0002-0818-7274)

\*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук  
(г. Архангельск)

Особые климатогеографические условия Европейского Севера России формируют своеобразный характер состояния здоровья и патологии с повышенными требованиями к функциональным и адаптационным возможностям организма. Факторы производственной среды целлюлозно-бумажной промышленности являются своеобразным множителем, усугубляющим неблагоприятное действие природно-климатической обстановки на эндокринный профиль населения. При этом медико-социальная значимость оценки и предупреждения последствий совместного воздействия климатогеографических и производственных факторов промышленно развитых территорий продолжает возрастать. При проживании в условиях Севера организм человека переходит на иной уровень регуляции гомеостаза, что выражается в активации тиреоидной системы. Приведены результаты сравнительных исследований содержания в крови тироксинсвязывающего глобулина, гормонов щитовидной железы и их соотношения у работников целлюлозно-бумажного комбината г. Архангельска и жителей г. Архангельска, не работающих на производстве с наличием неблагоприятных факторов, по состоянию на 1989–1990 и 2009–2012 годы. Показано, что за 20 лет у мужского населения г. Архангельска произошло изменение общего фона гормонов щитовидной железы и их пропорций, заключающееся в усилении периферической конверсии йодтиронинов на фоне общего снижения концентрации тиреоидных гормонов и их белка-переносчика у лиц, обследованных в 2009–2012 годах. Отмечено, что у мужчин – работников целлюлозно-бумажного комбината, по сравнению с мужчинами, не занятыми в производстве с экстремальными условиями труда, выше уровень сывороточного тироксина и ниже концентрация трийодтиронина, тироксинсвязывающего глобулина и соотношение йодтиронинов независимо от года исследования.

**Ключевые слова:** тироксин, трийодтиронин, тироксинсвязывающий глобулин, индекс периферической конверсии, мужчины трудоспособного возраста, целлюлозно-бумажное производство, Север.

---

**Ответственный за переписку:** Попкова Виктория Анатольевна, адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249; e-mail: victoria-popcova@yandex.ru

**Для цитирования:** Попкова В.А. Кинетика тиреоидных гормонов у работников целлюлозно-бумажной промышленности и контрольной группы мужчин г. Архангельска в зависимости от года исследования // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 3. С. 241–249. DOI: 10.37482/2687-1491-Z015

Формирование безопасных и комфортных в гигиеническом отношении условий труда и быта человека в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ), сохранение его здоровья, а следовательно, и устойчивое развитие экономики в этом регионе напрямую зависят от природно-климатических условий. В организме человека, проживающего в климатических условиях Севера, отмечаются изменения функций желез внутренней секреции, особенно в контрастные периоды года, что может приводить к сокращению продолжительности репродуктивного периода, истощению резервных возможностей и раннему старению организма.

На роль второй по значимости после симпатoadреналовой системы, обеспечивающей адаптацию к холоду, претендует тиреоидная система. Тиреоидные гормоны необходимы для нормального роста и развития организма. Они контролируют образование тепла, скорость поглощения кислорода, участвуют в поддержании нормальной функции дыхательного центра, стимулируют моторику желудочно-кишечного тракта, синтез многих структурных белков в организме. Наличие у йодтиронинов калоригенного эффекта обеспечивает адаптацию к холоду путем изменения активности щитовидной железы. Известно, что активизация гипоталамического центра теплопродукции сопровождается повышением гормональной активности щитовидной железы в результате образования тиреотропин-релизинг-гормона и высвобождения в аденогипофизе тиреотропного гормона. Последний, действуя на мембраны клеток щитовидной железы, вызывает усиление синтеза и секреции ее гормонов. Гормоны щитовидной железы, поступая в кровь, оказывают избирательное действие на клетки-мишени, активируя ферментные комплексы в составе митохондрий, что приводит к ускоренному окислению жиров и углеводов с высвобождением тепловой энергии.

В научной литературе имеются сведения об изменении активности щитовидной железы у жителей Севера: в числе обследованных – представители коренных народов, ведущих кочевой

и оседлый образ жизни, а также местное население, проживающее в поселках Архангельской области и Ненецкого автономного округа, городах и селах Ямало-Ненецкого автономного округа [1–3], поселках Ханты-Мансийского автономного округа [4], Республики Саха (Якутия) [5], и представители различных этносов Восточной Сибири [6]. Влияния многократно повторяющегося и хронического стресса на функцию щитовидной железы во многом схожи с эффектами острого стресса и характеризуются разнонаправленностью в отношении изменения уровней тироксина и трийодтиронина в крови. Результаты, полученные в ходе исследования щитовидной железы у рабочих золотодобывающего производства Северо-Востока России, указывают на ее высокую уязвимость и недостаточную обеспеченность организма тиреоидными гормонами при увеличении северного и профессионального стажа, что проявляется даже на популяционном уровне [7].

Основу промышленности Архангельской области составляет лесопромышленный комплекс, наибольшая доля в котором принадлежит целлюлозно-бумажному производству. Мужское трудоспособное население является основным потенциальным ресурсом для устойчивого экономического развития региона. Данные о функциональном состоянии щитовидной железы среди лиц, занятых в производстве целлюлозы, в доступной литературе единичны. Среди них можно отметить результаты Е.А. Трофимовой и В.В. Киреевой, которые указывают на высокую частоту встречаемости узловых образований щитовидной железы у работников целлюлозного производства Восточной Сибири со снижением функциональной активности щитовидной железы и дисбалансом гормонов: увеличением содержания трийодтиронина и понижением уровня тироксина, причем данные изменения находятся во взаимосвязи со стажем работы [8].

Исследования тиреоидной функции у человека обычно включают анализ уровней гормонов центрального и периферического звена эндокринной регуляции, однако соотношение

йодтиронинов также является важным независимым показателем, характеризующим функцию щитовидной железы и действие гормонов на ткани, представляющим интерес для диагностики и дифференциации пограничного тиреотоксикоза, синдрома эутиреоидной слабости, воздействия заместительных препаратов на функцию щитовидной железы [9]. Критически важная активация тироксина путем преобразования его в трийодтиронин катализируется двумя дейодиназами йодтиронинов – ферментами 1-го (D1) и 2-го (D2) типов. Дейодиназа является местным контролирующим элементом внутриклеточной активации и дезактивации гормонов, в связи с чем изучение соотношения сывороточных уровней йодтиронинов является дополнительным показателем, характеризующим функцию щитовидной железы.

От функционального состояния щитовидной железы во многом зависит успешная адаптация к жестким климатическим условиям Севера, и любые нарушения могут стать препятствием этому. В доступной литературе не обнаружено данных об активности периферической конверсии йодтиронинов у рабочих целлюлозного производства, а также сведений об изменении ее активности с развитием технического прогресса и одновременным ухудшением экологической обстановки. Целью работы явилось проведение сравнительной оценки уровней йодтиронинов в крови и их соотношения у мужчин г. Архангельска и сотрудников Соломбальского целлюлозно-бумажного комбината (СЦБК), а также регистрация изменений, произошедших за период с 1989–1990 по 2009–2012 годы. Задачи исследования: 1) сравнить уровни йодтиронинов и тиронинсвязывающего глобулина у сотрудников комбината и мужчин – жителей г. Архангельска в выборках 1989–1990 и 2009–2012 годов; 2) выявить отличия в соотношении йодтиронинов у сотрудников комбината и мужчин – жителей г. Архангельска в выборках 1989–1990 и 2009–2012 годов.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 188 мужчин – жителей г. Архангельска в возрасте от 22 до 60 лет с индексом

массы тела от 19 до 25. На момент проведения обследования мужчины не состояли на учете у врача-эндокринолога и не имели обострений хронических заболеваний. Из них в 1989–1990 годах были обследованы 45 мужчин – сотрудников СЦБК и 50 мужчин, не работающих в экстремальных условиях труда; в 2009–2012 годах – 45 и 48 мужчин соответственно. Группы сотрудников комбината в исследованиях 1989–1990 и 2009–2012 годов не являлись одной и той же выборкой, однако были сформированы из сотрудников одинаковых основных (варочный, сушильный) и вспомогательных (лесохимический, теплоэнергетический) цехов. При определении границ возрастов использовали схему возрастной периодизации постнатального развития человека, принятую на VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии (Москва, 1965), согласно которой указанный возраст (22–60 лет) соответствует периоду зрелого возраста мужчин.

С письменного согласия респондентов проводили анкетирование и забор крови из локтевой вены в период с 8 до 10 ч. утра в вакуумные пробирки Improvacuter с активатором свертывания. При этом соблюдались нормы биомедицинской этики в соответствии с документом «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования» (Хельсинкская декларация Всемирной Медицинской Ассоциации 1964 года, с изменениями и дополнениями 2008 года). Образцы крови в пробирке центрифугировали в течение 10–15 мин при скорости 1500–2000 об./мин. Сыворотку непосредственно после получения помещали в микропробирки с плотно закрывающимися крышками, замораживали и хранили в замороженном состоянии до момента проведения анализа.

Разморозка образцов сыворотки крови после хранения производилась пассивно при комнатной температуре в обычных лабораторных условиях. После оттаивания в образцах сыворотки крови определяли уровни общего тироксина ( $T_4$ ), трийодтиронина ( $T_3$ ), тирок-

синсвязывающего глобулина (ТСГ): в 1989–1990 годах – на установке «Наркотест» (ООО «Витако», Россия) методом радиоиммунохимического анализа (РИА); в 2009–2012 годах концентрацию ТСГ определяли на установке «АРИАН» («Наркотест», ООО «Витако», Россия) методом РИА, уровни  $T_4$  и  $T_3$  устанавливали с помощью автоматического планшетного анализатора ELISYS Uno (Human GmbH, Германия), используя метод иммуноферментного анализа (ИФА). Исследования в 1989–1990 и 2009–2012 годах проводились в лаборатории эндокринологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (ныне входит в состав Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Уральского отделения РАН). В последнее десятилетие в лаборатории внедрялся метод ИФА, как более безопасный и современный, с постепенной заменой метода РИА. При этом в лаборатории проводился корреляционный анализ результатов, полученных при использовании РИА и ИФА, который показал отсутствие различий в показателях.

Статистическую обработку полученных данных производили с помощью компьютерно-

го пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft, США). В связи с тем, что выборки не подчинялись закону нормального распределения, применялись непараметрические методы статистики с использованием  $U$ -критерия Манна–Уитни. В процессе статистического анализа рассчитывали медианы ( $Me$ ), диапазон колебаний значений (10–90-е процентиля) [10], индекс периферической конверсии йодтиронинов (ИПК) по формуле  $T_3 \cdot 100 / T_4$ . Уровень значимости принимали равным 0,05.

**Результаты.** По результатам анализа исследованных образцов крови можно отметить достоверное снижение концентрации тироксина как в группе сотрудников комбината, так и в контрольной группе за 20-летний период (см. таблицу). Следует отметить, что независимо от года взятия образцов крови уровень тироксина у рабочих целлюлозно-бумажного производства был выше относительно мужчин, занятых в данном производстве ( $p = 0,01$ ), что подтверждается также наличием 15 % (1989–1990 годы) и 16 % (2009–2012 годы) лиц с превышающими норму значениями среди рабочих СЦБК. По состоянию на 2009–2012 годы пределы колебаний значений сывороточного

**ТИРЕОИДНЫЙ СТАТУС МУЖСКОГО НАСЕЛЕНИЯ г. АРХАНГЕЛЬСКА  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГОДА ИССЛЕДОВАНИЯ,  $Me$  (10–90-е процентиля)**

Показатель	Годы исследования		$p$ -уровень
	1989–1990	2009–2012	
$T_4$ , нмоль/л: контрольная группа	115,0 (78,0–140,0)	94,0 (73,0–114,0)	<0,001
сотрудники СЦБК	123,7 (100,7–146,6)	101,8 (80,4–147,1)	<0,001
$T_3$ , нмоль/л: контрольная группа	1,82 (1,20–2,40)	1,61 (1,20–2,00)	0,012
сотрудники СЦБК	1,38 (1,14–1,82)	1,57 (0,80–2,19)	>0,05
ТСГ, мкг/мл: контрольная группа	23,0 (18,0–27,6)	13,0 (7,0–15,0)	0,027
сотрудники СЦБК	19,3 (15,5–26,9)	11,1 (7,3–15,6)	0,009
ИПК, усл. ед.: контрольная группа	1,57 (0,98–2,45)	1,70 (1,40–2,30)	0,027
сотрудники СЦБК	1,17 (0,86–1,61)	1,40 (0,74–2,26)	<0,001

$T_4$  у контрольной группы сместились к нижней границе нормы (62,0–140,2 нмоль/л), в то время как у рабочих комбината произошло расширение диапазона колебаний по сравнению с данными 1989–1990 годов.

С течением времени (в период с 1989–1990 по 2009–2012 годы) наблюдается снижение концентрации трийодтиронина у лиц контрольной группы, при этом превышающих норму значений, которые отмечались у 23 % лиц в 1989–1990 годах, в исследовании 2009–2012 годов не выявлено. Среди сотрудников комбината достоверных изменений не обнаружено, однако можно констатировать, что диапазон колебаний уровня трийодтиронина в группе рабочих в 2009–2012 годах расширился в обе стороны относительно данных 1989–1990 годов; также с годами увеличилась доля лиц с содержанием  $T_3$  ниже референтной нормы – с 13 до 22 % ( $p = 0,04$ ).

Концентрация ТСГ в сыворотке крови архангелогородцев в 1989–1990 годах превышала референтную норму у 53 % лиц со смещением диапазона колебаний значений к верхней границе; у сотрудников СЦБК показатели глобулина также были высокие, а диапазон колебаний значений расширен с наличием 20 % лиц, имеющих превышающие норму значения, и 20 % – со значениями ниже референтной нормы. У мужчин – сотрудников СЦБК и мужчин, не занятых в данном производстве, обследованных в 2009–2012 годах, установлено снижение концентрации ТСГ и смещение 10–90-х процентильных интервалов к нижнему пределу нормы. Уровень глобулина ниже референта (12–26 мкг/мл) в 2009–2012 годах отмечен у 42 % лиц контрольной группы и у 57 % сотрудников целлюлозного комбината. Выявлено более низкое содержание ТСГ у сотрудников комбината относительно контрольной группы вне зависимости от даты взятия крови ( $p < 0,001$  и  $p = 0,04$ ).

Для более корректной оценки изменения функции щитовидной железы применялся ИПК йодтиронинов, показывающий соотношение двух основных тиреоидных гормонов.

По результатам вычислений регистрируется повышение ИПК йодтиронинов у лиц, обследованных в 2000-х годах. Отмечено, что независимо от года исследования периферическая конверсия йодтиронинов у сотрудников целлюлозного комбината ниже, чем у не занятых в данном производстве лиц ( $p < 0,001$  по состоянию на 1989–1990 годы;  $p = 0,03$  по состоянию на 2009–2012 годы).

**Обсуждение.** В результате проведенных исследований можно констатировать снижение содержания тироксина, трийодтиронина и белка-переносчика йодтиронинов у жителей г. Архангельска за 20-летний период, что может быть связано с комплексом причин, как физиологических, климатических [11], так и технических (вследствие введения новых методик определения, измененных референтных норм и пр.). Снижение уровня тироксина на территории Европейского Севера отмечается и в других исследованиях [12]. Известно, что, попадая в кровь, тиреоидные гормоны образуют комплекс с ТСГ, который синтезируется в печени. Связанные с белками йодтиронины являются резервом, из которого, по мере уменьшения содержания в крови свободных фракций, освобождаются новые его активные формы. Вследствие того, что ТСГ связывает около 75 % сывороточных йодтиронинов [13], уменьшение уровня данного гликопротеина является неблагоприятным моментом, который влечет за собой снижение общего резерва йодтиронинов в крови, что и демонстрируют результаты проведенного исследования. Вызывает определенный интерес последующее изучение роли транспортно-депонирующих белков в поддержании оптимального соотношения фракций йодтиронинов.

Увеличение пределов содержания трийодтиронина, как биологически активной формы йодтиронинов, может свидетельствовать о варьировании резервов эндокринной системы и, возможно, о наличии более широких возможностей адаптационных реакций у сотрудников комбината, обследованных в 2009–2012 годы.



Однако этот же факт увеличивает риск возникновения патологий.

В проблеме соотношения уровней йодтиронинов существует много нерешенных вопросов, не в полной мере раскрыты факторы, влияющие на активность метаболизма тиреоидных гормонов. Зарегистрированное в обеих группах мужчин увеличение периферической конверсии на фоне снижения общего уровня йодтиронинов в современное время относительно показателей 1989–1990 годов может свидетельствовать о более активном тканевом дейодировании тироксина в трийодтиронин у обследуемых 2000-х годов, указывающем на усиление активности дейодиназы D2 как механизма, способного частично компенсировать уменьшение уровня сывороточного T<sub>3</sub>.

Можно сказать, что за период с 1989–1990 по 2009–2012 годы изменяется общий фон гормонов щитовидной железы в крови и их пропорций у мужского населения г. Архангельска, что выражается в усилении периферической конверсии йодтиронинов на фоне общего снижения концентрации тиреоидных гормонов и их белка-переносчика в сыворотке крови. Более развернутое исследование изменения эндокринного профиля сотрудников СЦБК за период с 1989–1990 по 2009–2012 года также указывает на общее снижение гормонального фона [14]. Несомненно, к 2009–2012 годам относительно 1989–1990 годов произошло ускорение темпа жизни, увеличение объема получаемой информации, усиление психоэмоционального истощения, повышение загрязнения окружающей среды, почвы, воды, изменение климата в Арктическом регионе [15, 16], однако одновременно наблюдались улучшения в охране труда, совершенствовались

условия труда и средства индивидуальной защиты. При этом надо учитывать тот факт, что выявленная динамика может быть обусловлена не только изменением перечисленных климатических, экономических, экологических, социальных и производственных условий, но и модификацией методов и нормативов исследования. Однако соотношение йодтиронинов (ИПК), не зависящее от методов и норм, учитываемое в данной работе, говорит о более высокой периферической конверсии у выборки 2009–2012 годов относительно данных 1989–1990 годов независимо от рода деятельности обследуемых. Для сотрудников, выполняющих свои обязанности в цехах с вредными производственными факторами, целесообразно включение эндокринологического обследования при проведении предварительного и периодического медицинских осмотров для оценки функции щитовидной железы с целью дальнейшей ее коррекции в случае необходимости.

**Выводы:**

1. Уровни T<sub>4</sub> и ТСГ у сотрудников СЦБК и мужчин г. Архангельска, не занятых в производстве целлюлозы, в 2009–2012 годах ниже данных за 1989–1990 годы. Концентрация T<sub>3</sub> у мужчин г. Архангельска в 2009–2012 годах ниже, чем в 1989–1990 годах, при этом у сотрудников СЦБК достоверных отличий не выявлено.

2. У сотрудников СЦБК и мужчин г. Архангельска, не занятых в производстве целлюлозы, ИПК йодтиронинов в 2009–2012 годах выше по сравнению с данными 1989–1990 годов.

**Конфликт интересов.** Возможность конфликта интересов отсутствует.

## Список литературы

1. Ткачев А.В., Раменская Е.Б. Эколого-физиологические особенности системы гипофиз–кора надпочечников–щитовидная железа // Ткачев А.В., Бойко Е.Р., Губкина З.Д., Раменская Е.Б., Суханов С.Г. Эндокринная система и обмен веществ у человека на Севере. Сыктывкар: КНЦ УрО РАН, 1992. С. 15–45.

2. Типисова Е.В., Киприянова К.Е., Горенко И.Н., Лобанов А.А., Попов А.И., Андронов С.В., Попкова В.А., Елфимова А.Э. Содержание дофамина и гормонов системы гипофиз–щитовидная железа в крови у кочующего, оседлого и местного населения Арктики // Клиническая диагностика. 2017. Т. 62, № 5. С. 291–296. DOI: 10.18821/0869-2084-2017-62-5-291-296

3. Горенко И.Н., Типисова Е.В., Попкова В.А., Елфимова А.Э. Соотношение гормонов гипофизарно-тиреоидной системы, дофамина и цАМФ у жителей Европейского и Азиатского Севера // Журн. мед.-биол. исследований. 2019. Т. 7, № 2. С. 140–150. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.2.140

4. Корчин В.И. Особенности тиреоидного статуса взрослого населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в зависимости от этнической принадлежности // Вестн. Сургут. гос. ун-та. 2016. Вып. 3(13). С. 77–81.

5. Levy S.B., Leonard W.R., Tarskaia L.A., Klimova T.M., Fedorova V.I., Baltakhinova M.E., Krivoschapkin V.G., Snodgrass J.J. Seasonal and Socioeconomic Influences on Thyroid Function Among the Yakut (Sakha) of Eastern Siberia // Am. J. Hum. Biol. 2013. Vol. 25, № 6. P. 814–820.

6. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Гребенкина Л.А., Шолохов Л.Ф., Рашидова М.А., Долгих М.И., Семенова Н.В., Михалевич И.М. Тиреоидный статус и витамины-антиоксиданты у девушек различных этносов // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2015. Т. 101, № 2. С. 214–221.

7. Бартош Т.П., Максимов А.Л. Влияние природно-экологических факторов Севера на гормональный статус рабочих, занятых в подземной золотодобыче // Экология человека. 2003. № 1. С. 10–12.

8. Трофимова Е.А., Киреева В.В. Особенности тиреоидной патологии у работников целлюлозного производства // Сиб. мед. журн. 2010. Т. 97, № 6. С. 211–214.

9. Amino N., Yabu Y., Miki T., Morimoto S., Kumahara Y., Mori H., Iwatani Y., Nishi K., Nakatani K., Miyai K. Serum Ratio of Triiodothyronine to Thyroxine, and Thyroxine-Binding Globulin and Calcitonin Concentrations in Graves' Disease and Destruction-Induced Thyrotoxicosis // J. Clin. Endocrinol. Metab. 1981. Vol. 53, № 1. P. 113–116.

10. Трухачева Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. М.: ГЕОТАР-Медиа, 2013. 384 с.

11. Ревич Б.А. Климатические изменения как новый фактор риска для здоровья населения российского Севера // Экология человека. 2009. № 6. С. 11–16.

12. Типисова Е.В. Функциональная активность щитовидной и половых желез в условиях Европейского Севера // XXI съезд Физиологического общества имени И.П. Павлова (19–25 сентября 2010 г., Калуга): тез. докл. М.; Калуга: Тип. ООО «БЭСТ-принт», 2010. С. 605.

13. Refetoff S. Thyroid Hormone Serum Transport Proteins // Endotext / ed. by K.R. Feingold, B. Anawalt, A. Boyce et al. South Dartmouth, 2000. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285566/> (дата обращения: 17.06.2020).

14. Попкова В.А. Динамика показателей эндокринного профиля рабочих целлюлозно-бумажного комбината // Медицина труда и промышл. экология. 2017. № 3. С. 54–59.

15. Hassol S.J. Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, 2004. 140 p.

16. Climate Change 2007: Adaptation and Vulnerability / ed. by M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. van der Linden, C. Hanson. Cambridge University Press, 2007. 986 p.

## References

1. Tkachev A.V., Ramenskaya E.B. Ekologo-fiziologicheskie osobennosti sistemy gipofiz–kora nadpochechnikov–shchitovidnaya zheleza [Ecophysiological Features of the Pituitary–Adrenal–Thyroid System]. Tkachev A.V., Boyko E.R., Gubkina Z.D., Ramenskaya E.B., Sukhanov S.G. *Endokrinnaya sistema i obmen veshchestv u cheloveka na Severe* [The Endocrine System and Metabolism in Humans Living in the North]. Syktyvkar, 1992, pp. 15–44.

2. Tipisova E.V., Kipriyanova K.E., Gorenko I.N., Lobanov A.A., Popov A.I., Andronov S.V., Popkova V.A., Elfimova A.E. Soderzhanie dofamina i gormonov sistemy gipofiz–shchitovidnaya zheleza v krovi u kochuyushchego, osedlogo i mestnogo naseleniya Arktiki [The Content of Dopamine and Hormones of System “Hypophysis–Thyroid” in Blood of Nomadic, Settled and Local Population of the Arctic]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2017, vol. 62, no. 5, pp. 291–296. DOI: 10.18821/0869-2084-2017-62-5-291-296

3. Gorenko I.N., Tipisova E.V., Popkova V.A., Elfimova A.E. Ratios of the Hormones of the Pituitary–Thyroid Axis, Dopamine and cAMP in Residents of the European and Asian North of Russia. *J. Med. Biol. Res.*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 140–150. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.2.140
4. Korchin V.I. Osobennosti tireoidnogo statusa vzroslogo naseleniya Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry v zavisimosti ot etnicheskoy prinadlezhnosti [Ethnicity-Related Thyroid Status in the Adult Population, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra]. *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, no. 3, pp. 77–81.
5. Levy S.B., Leonard W.R., Tarskaia L.A., Klimova T.M., Fedorova V.I., Baltakhinova M.E., Krivoshapkin V.G., Snodgrass J.J. Seasonal and Socioeconomic Influences on Thyroid Function Among the Yakut (Sakha) of Eastern Siberia. *Am. J. Hum. Biol.*, 2013, vol. 25, no. 6, pp. 814–820.
6. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Grebenkina L.A., Sholokhov L.F., Rashidova M.A., Dolgikh M.I., Semenova N.V., Mikhalevich I.M. Tireoidnyy status i vitaminy-antioksidanty u devushek razlichnykh etnosov [Thyroid Status and Antioxidant Vitamins in the Girls of Different Ethnic Groups]. *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2015, vol. 101, no. 2, pp. 214–221.
7. Bartosh T.P., Maksimov A.L. Vliyanie prirodno-ekologicheskikh faktorov Severa na gormonal'nyy status rabochikh, zanyatykh v podzemnoy zolotodobyche [Influence of Climatic-Ecological Factors of the North on Hormonal Status of the Miners Occupied in Underground Gold-Mining]. *Ekologiya cheloveka*, 2003, no. 1, pp. 10–12.
8. Trofimova E.A., Kireeva V.V. Osobennosti tireoidnoy patologii u rabotnikov tsellyuloznogo proizvodstva [Peculiarities of Thyroid Pathology in Workers of Pulp Manufacture]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2010, vol. 97, no. 6, pp. 211–214.
9. Amino N., Yabu Y., Miki T., Morimoto S., Kumahara Y., Mori H., Iwatani Y., Nishi K., Nakatani K., Miyai K. Serum Ratio of Triiodothyronine to Thyroxine, and Thyroxine-Binding Globulin and Calcitonin Concentrations in Graves' Disease and Destruction-Induced Thyrotoxicosis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 1981, vol. 53, no. 1, pp. 113–116.
10. Trukhacheva N.V. *Matematicheskaya statistika v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s primeneniem paketa Statistica* [Mathematical Statistics in Biomedical Research Using the Statistica Package]. Moscow, 2013. 384 p.
11. Revich B.A. Klimaticheskie izmeneniya kak novyy faktor riska dlya zdorov'ya naseleniya rossiyskogo Severa [Climatic Changes as a New Risk Factor for Population Health in the Russian North]. *Ekologiya cheloveka*, 2009, no. 6, pp. 11–16.
12. Tipisova E.V. Funktsional'naya aktivnost' shchitovidnoy i polovykh zhelez v usloviyakh Evropeyskogo Severa [Functional Activity of the Thyroid Gland and Gonads in the European North]. *XXI s'ezd Fiziologicheskogo obshchestva imeni I.P. Pavlova* [21st Congress of I.P. Pavlov Physiologist Society]. Moscow, 2010, p. 605.
13. Refetoff S. Thyroid Hormone Serum Transport Proteins. Feingold K.R., Anawalt B., Boyce A., et al. (eds.). *Endotext*. South Dartmouth, 2000. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285566/> (accessed: 17 June 2020).
14. Popkova V.A. Dinamika pokazateley endokrinnogo profilya rabochikh tsellyulozno-bumazhnogo kombinata [Changes in Endocrine Profile of Workers in Pulp and Paper Plant]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2017, no. 3, pp. 54–59.
15. Hassol S.J. *Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge University Press, 2004. 140 p.
16. Parry M., Canziani O., Palutikof J., van der Linden P., Hanson C. (eds.). *Climate Change 2007: Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, 2007. 986 p.



**KINETICS OF THYROID HORMONES IN PULP AND PAPER WORKERS  
AND THE CONTROL GROUP OF ARKHANGELSK RESIDENTS  
DEPENDING ON THE YEAR OF RESEARCH**

The climatic and geographical conditions in the European North of Russia form a specific state of health and pathology requiring high functional and adaptive potential of the body. The working environment of pulp and paper industry exacerbates the adverse action of the natural factors on the endocrine status of the population. In this regard, the socio-medical significance of evaluating and preventing the consequences of the combined effects of natural and production factors in industrialized territories continues to grow. In the North, the body's homeostatic regulation leads to the activation of the thyroid system. This article presents the results of comparative studies on the content of thyroxine-binding globulin, thyroid hormones and their ratio in the blood of Arkhangelsk residents not working in industries with adverse factors and employees of the pulp and paper mill. The periods of 1989–1990 and 2009–2012 were investigated. It is demonstrated here that over the twenty-year period, changes occurred in the thyroid hormones profile and ratios in the male population of the city of Arkhangelsk, i.e. the peripheral conversion of iodothyronines increased against the background of a general decrease in the concentrations of thyroid hormones and their transporter in those examined in 2009–2012. At the same time, employees of the pulp and paper mill have higher levels of serum thyroxine and lower concentrations of triiodothyronine, thyroxine-binding globulin, and ratio of iodothyronines compared with men not involved in industries with extreme working conditions, regardless of the year of research.

**Keywords:** *thyroxine, triiodothyronine, thyroxine-binding globulin, peripheral conversion index, working age men, pulp and paper production, North.*

Поступила 05.03.2020

Принята 24.08.2020

Received 5 March 2020

Accepted 24 August 2020

---

**Corresponding author:** Viktoriya Popkova, *address:* prosp. Lomonosova 249, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; *e-mail:* victoria-popcova@yandex.ru

**For citation:** Popkova V.A. Kinetics of Thyroid Hormones in Pulp and Paper Workers and the Control Group of Arkhangelsk Residents Depending on the Year of Research. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 241–249. DOI: 10.37482/2687-1491-Z015