

АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ЭНДОКРИННЫЙ СТАТУС РАБОТНИКОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА г. АРХАНГЕЛЬСКА¹

*В.А. Аликина** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0818-7274>
*Е.В. Типисова** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2097-3806>
*А.Э. Елфимова** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2519-1600>

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

Поддержание здоровья и работоспособности населения – одна из основных задач здравоохранения. Проживание в неблагоприятных климатических условиях Севера и работа в условиях действия опасных производственных факторов развитой на территории Архангельской области целлюлозно-бумажной промышленности может приводить к существенному снижению адаптационных возможностей организма. Важнейшую роль в обеспечении адекватного ответа на действие раздражителей и запуске процесса адаптации играют нейроэндокринная, сердечно-сосудистая системы и система крови, которые отражают качественные и количественные изменения в организме, являясь при этом надежными маркерами гомеостаза. **Целью исследования** было изучить адаптационный потенциал рабочих целлюлозно-бумажного производства, показывающий уровень функционирования системы кровообращения, и оценить их эндокринный профиль в зависимости от выявленных функциональных возможностей организма. **Материалы и методы.** В исследовании принимали участие рабочие производственных цехов Соломбальского целлюлозно-бумажного комбината (г. Архангельск) – 50 мужчин в возрасте 22–60 лет, с индексом массы тела 19–25, не состоявшие на учете у врача-эндокринолога. В сыворотке крови методом радиоиммунного анализа определялись уровни тироксинсвязывающего глобулина, эстрадиола, методом иммуноферментного анализа – концентрации общего кортизола, тиреотропина, тироксина, трийодтиронина, прогестерона, тестостерона, инсулина, С-пептида, соматотропина. **Результаты.** Исследование показало, что 2/3 обследованных работников целлюлозно-бумажного комбината находились в состоянии напряжения механизмов адаптации, состояние двух человек соответствовало физиологической норме, которая характеризуется хорошей и удов-

¹Работа выполнена в соответствии с планом ФНИР ФГБУН ФИЦКИА РАН по теме «Выяснение модулирующего влияния содержания катехоламинов в крови на гормональный профиль у человека и гидробионтов Европейского Севера» (№ АААА-А19-119120990060-0).

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

Для цитирования: Аликина В.А., Типисова Е.В., Елфимова А.Э. Адаптационный потенциал и эндокринный статус работников целлюлозно-бумажного комбината г. Архангельска // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 3. С. 237–247. DOI: 10.37482/2687-1491-Z061

летворительной адаптацией. Для обследуемых со снижением адаптационных возможностей до состояния неудовлетворительной адаптации было характерно повышение уровня кортизола, тироксинсвязывающего глобулина, эстрадиола, С-пептида, инсулина на фоне уменьшения соотношения половых гормонов (тестостерон/эстрадиол), уровней тестостерона и прогестерона. Авторы рекомендуют при проведении периодических медицинских осмотров рабочих целлюлозно-бумажного производства осуществлять оценку структуры здоровья коллективов с анализом эндокринного профиля и контролировать изменения, происходящие с течением времени.

Ключевые слова: адаптационный потенциал, гормоны, эндокринный профиль, мужчины трудоспособного возраста, целлюлозно-бумажная промышленность, Европейский Север России.

Проблемы оценки здоровья человека и общего контроля его состояния всегда волновали людей, но в XXI веке они приобретают все большее значение, в особенности для лиц, подверженных высоким психоэмоциональным, физическим нагрузкам и действию химических факторов (к данной категории лиц относятся и работники целлюлозного производства). На организм человека, проживающего на Севере, воздействует целый комплекс экстремальных природно-климатических раздражителей: холодовой фактор, контрастная фотопериодика, гелиогеофизические и психосоциальные факторы, а также измененный состав воды и особенности питания [1]. Показано, что северный стресс вызывает истощение резервных возможностей организма [2], что в последующем может привести к развитию каскада дизадаптивных расстройств, а позже – к возникновению патологических состояний.

Достаточность функциональных резервов лежит в основе обеспечения необходимого уровня функционирования органов и систем, которые непосредственно реагируют на воздействие экстремальных факторов [3]. Одной из важнейших регуляторных систем при адаптации организма является эндокринная [4]. Изменение гормональной секреции при поддержании гомеостаза представляет собой своеобразный каскад тесно взаимосвязанных реакций [2, 5, 6], при этом более значительные функциональные изменения эндокринной системы происходят в организме человека, работающего в экстремальных условиях про-

фессиональной среды [7]. Система «гипоталамус–гипофиз–щитовидная железа» у человека на Севере играет существенную роль при адаптации и откликается на малейшие изменения условий окружающей среды, как природно-климатических, так и социально-бытовых [8]. В организме мужчин одним из значимых показателей гормонального статуса является соотношение уровней тестостерона и эстрадиола [9]. Инсулярный аппарат занимает особое место в гормональной регуляции метаболизма организма на Севере, в частности энергетического гомеостаза. Инсулярная регуляция в условиях Севера характеризуется изменением рецепторной чувствительности к инсулину [10], который является контргормоном в отношении глюкокортикоидов.

Производственные факторы могут усугублять неблагоприятное действие природно-климатических факторов на эндокринную систему. Так, ряд профессиональных исследований показал, что рабочие производств с высоким риском химического загрязнения (в т. ч. целлюлозно-бумажной промышленности) обычно более склонны к развитию рака щитовидной железы. Однако исследователи отмечают, что для определения роли антропогенных химических веществ окружающей среды в канцерогенезе щитовидной железы необходимо изучение причинно-следственных связей с использованием различных методологических подходов [11].

При воздействии физических нагрузок, температурных факторов важную роль игра-

ют также резервные адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы [12, 13]. Развитие приспособительных реакций к условиям внешней среды лимитируется деятельностью сердечно-сосудистой системы, и она может служить маркером общего адаптационного процесса [14]. В соответствии с существующей концепцией о сердечно-сосудистой системе как индикаторе адаптационных возможностей организма уровень ее функционирования можно рассматривать в качестве ведущего показателя равновесия организма со средой. Р.М. Баевским и А.П. Берсеновой для оценки уровня функционирования системы кровообращения и установления ее адаптационного потенциала был предложен индекс адаптационного потенциала (АП), определяемый в условных единицах [15].

Структура здоровья коллектива, показывающая долю лиц с различной степенью адаптации организма к условиям окружающей среды в общей численности обследованных, является весьма чувствительным маркером воздействия производственных и социально-гигиенических факторов [16]. Одни и те же неблагоприятные условия окружающей среды, влияя на лиц с различными адаптационными возможностями организма, вызывают определенные изменения здоровья, проявляющиеся в ухудшении функционального состояния организма, а затем – в возникновении и развитии болезни. Особенности структуры здоровья могут отражать воздействие факторов окружающей среды, которые вызывают минимальные и проходящие изменения и не могут послужить причиной заболевания, но являются условиями их развития в будущем [16–18]. Поэтому изучение структуры здоровья позволяет выявить неблагоприятные сдвиги, возникающие при воздействии комплекса факторов среды, и своевременно провести необходимые защитные мероприятия, включая профилактику и целенаправленное оздоровление [18], решающая роль в котором отводится внедрению в образ жизни человека оздоровительной физкультуры [15], рационального питания [17], а также отказу от курения и

злоупотребления алкоголем. Это позволит создать здоровьесберегающую среду, что является одной из фундаментальных основ сохранения профессионального здоровья работника [18]. В связи с этим целью исследования явилось комплексное изучение состояния эндокринной системы и функциональных резервов системы кровообращения с помощью вычисления АП у рабочих производств с наличием экстремальных условий труда, а именно – у работников целлюлозно-бумажного комбината.

Материалы и методы. Для выполнения поставленной цели использовался материал, собранный на Соломбальском целлюлозно-бумажном комбинате (СЦБК, г. Архангельск) в 2012 году в фазу увеличения продолжительности светового дня (март–апрель) – для минимизации влияния климатического фактора на эндокринную систему [19, 20]. Участники исследования – 50 мужчин зрелого возраста (22–60 лет), работающих на СЦБК, с индексом массы тела 19–25, не состоящих на учете у врача-эндокринолога и не имеющих на момент обследования обострения хронических и сердечно-сосудистых заболеваний. Все они являлись рабочими дневной смены основных и вспомогательных цехов. Обследование проводилось на добровольных началах с соблюдением норм 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 2013 года). Все добровольцы заполнили анкеты и подписали информированное согласие на участие в исследовании, которое было одобрено комиссией по биомедицинской этике (протокол от 15.01.2007) при Институте физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН.

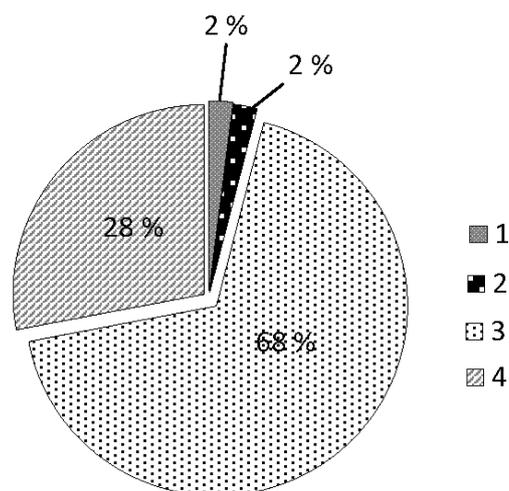
Взятие крови проводили натощак перед дневной сменой (с 8 до 10 ч. утра) из локтевой вены в вакуумные пробирки. Образцы крови центрифугировали в течение 10–15 мин при частоте вращения 1600–2000 об./мин. Сбран-

ную сыворотку помещали в микропробирки и хранили в замороженном состоянии до момента проведения анализа. С помощью установки «АРИАН» (ООО «Витако», Россия) радиоиммунологическим методом в сыворотке крови определяли уровни тироксинсвязывающего глобулина (ТСГ) и эстрадиола. На автоанализаторе ELISYS Uno (Human GmbH, Германия) методом иммуноферментного анализа в сыворотке устанавливали уровни общего кортизола, тиреотропина, тироксина (T_4), трийодтиронина (T_3), прогестерона, тестостерона, инсулина, С-пептида, соматотропина.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы Statistica 10.0 (StatSoft, США). Проверку характера распределения на нормальность осуществляли с помощью теста Шапиро–Уилка. В ходе статистического анализа вычисляли медианы показателей (Me), пределы колебаний значений (10 и 90-й процентиля), а также индекс периферической конверсии йодтиронинов ($T_3 \cdot 100/T_4$), соотношения тестостерон/эстрадиол и тестостерон/кортизол. Сравнение параметров групп проводили с помощью U -критерия Манна–Уитни, корреляционный анализ – с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. В данном анализе пороговое значение уровня значимости принимали $p = 0,05$.

Адаптационный потенциал вычисляли по формуле Р.М. Баевского: $АП = 0,011 \cdot ЧП + 0,014 \cdot САД + 0,008 \cdot ДАД + 0,014 \cdot В + 0,009 \cdot МТ - 0,009 \cdot Р - 0,27$, где ЧП – частота пульса; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; В – возраст; МТ – масса тела; Р – рост. В соответствии с классификацией уровней здоровья, значения АП позволяют выделять 5 групп лиц: 1) хорошая адаптация ($АП < 2,0$ усл. ед.); 2) удовлетворительная адаптация ($АП = 2,0–2,10$ усл. ед.); 3) функциональное напряжение механизмов адаптации ($АП = 2,11–3,20$ усл. ед.); 4) неудовлетворительная адаптация ($АП = 3,21–4,3$ усл. ед.); 5) срыв адаптации ($АП > 4,3$ усл. ед.) [15].

Результаты. Структура здоровья производственного коллектива – это распределение обследованной группы работников предприятия по функциональным состояниям в процентах [16]. Статистический анализ полученного материала с использованием рассмотренной выше классификации функциональных состояний показал (см. рисунок), что в выборке лиц, работающих в производственных цехах СЦБК, присутствовали по одному человеку с хорошей (2 %) и удовлетворительной (2 %) адаптацией, а также лица с функциональным напряжением механизмов адаптации (68 %) и неудовлетворительной адаптацией (28 %). Работников со срывом механизмов адаптации в структуре коллектива не выявлено.



Структура здоровья производственного коллектива (обследованная группа лиц) СЦБК (г. Архангельск) в 2012 году: 1 – работник с хорошей адаптацией ($АП < 2,0$ усл. ед.); 2 – работник с удовлетворительной адаптацией ($АП = 2,0–2,10$ усл. ед.); 3 – группа работников с функциональным напряжением механизмов адаптации ($АП = 2,11–3,20$ усл. ед.); 4 – группа работников с неудовлетворительной адаптацией ($АП = 3,21–4,3$ усл. ед.)

Distribution of Solombala Pulp and Paper Mill production workers (the examined group) according to their adaptation levels (Arkhangelsk, 2012)

Надо отметить, что чем меньше величина, характеризующая адаптационный потенциал, тем он выше и тем выше уровень здоровья. Анализ эндокринного профиля работников комбината показал, что для рабочих с функциональным напряжением механизмов адаптации характерны более низкие уровни кортизола, эстрадиола, С-пептида, инсулина, ТСГ и более высокое содержание прогестерона, тестосте-

рона, чем у лиц с неудовлетворительной адаптацией организма к существующим условиям (см. таблицу).

Сравнение соотношений тестостерон/кортизол и тестостерон/эстрадиол продемонстрировало более низкие показатели у лиц с неудовлетворительной адаптацией относительно группы с функциональным напряжением механизмов адаптации.

**СОСТОЯНИЕ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ У РАБОТНИКОВ СЦБК (г. Архангельск)
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА, Me (10; 90-й процентиля)**
**ENDOCRINE STATUS OF EMPLOYEES OF SOLOMBALA PULP AND PAPER MILL (Arkhangelsk)
DEPENDING ON THE ADAPTIVE POTENTIAL, Me (10th; 90th percentiles)**

Показатель (норма)	Группа с функциональным напряжением механизмов адаптации	Группа с неудовлетворительной адаптацией	p-уровень
Кортизол, нмоль/л (139–690)	460,07 (302,25; 708,50)	556,45 (433,14; 649,44)	0,03
Тиреотропин, мМЕ/л (0,23–3,4)	1,90 (1,00; 2,79)	1,51 (1,09; 3,17)	>0,05
Тироксин (Т ₄), нмоль/л (56–139)	97,79 (71,56; 142,61)	96,96 (88,54; 101,56)	>0,05
Трийодтиронин (Т ₃), нмоль/л (1,06–3,1)	1,69 (1,36; 2,28)	1,82 (1,24; 2,06)	>0,05
ТСГ, мкг/мл (12–26)	11,56 (9,42; 12,56)	14,06 (11,33; 21,02)	0,005
Прогестерон, нмоль/л (0,32–3,18)	0,93 (0,56; 1,64)	0,59 (0,49; 0,87)	<0,001
Тестостерон, нмоль/л (12,1–29,8)	18,02 (10,65; 28,13)	11,85 (9,62; 18,14)	0,009
Эстрадиол, нмоль/л (0,05–0,26)	0,13 (0,07; 0,24)	0,20 (0,17; 0,30)	0,002
Инсулин, мкЕд/мл (2,1–22)	9,63 (6,22; 17,89)	11,85 (9,62; 18,14)	0,004
С-пептид, нг/мл (160–1100)	590,48 (348,87; 1300,50)	935,14 (696,92; 1159,00)	0,05
Соматотропин, нг/мл (<6,6)	1,11 (0,09; 6,80)	3,00 (0,32; 6,00)	>0,05
Тестостерон/кортизол, усл. ед.	0,04 (0,02; 0,08)	0,02 (0,01; 0,03)	0,002
Тестостерон/эстрадиол, усл. ед.	141,93 (86,80; 273,00)	60,76 (47,70; 106,88)	<0,001
T ₃ ·100/T ₄	1,82 (1,14; 2,25)	1,78 (1,22; 2,26)	>0,05

Примечание. Полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия уровней гормонов.

Корреляционный анализ выявил положительную слабую связь между АП и возрастом ($r = 0,4$; $p = 0,009$), а также отрицательные взаимосвязи средней силы между АП и уровнем прогестерона ($r = -0,53$; $p < 0,001$), АП и соотношением тестостерон/эстрадиол ($r = -0,52$; $p < 0,001$).

Обсуждение. Переход от здоровья к болезни обусловлен снижением адаптационных возможностей организма, уменьшением способности адекватно реагировать не только на социально-трудовые, но и на повседневные нагрузки. При этом на границе между здоровьем и болезнью возникает целый ряд донозологических состояний.

Анализ результатов статистической обработки показал, что в группе мужчин с неудовлетворительной адаптацией (по классификации Р.М. Баевского) выше уровни сывороточного кортизола, эстрадиола, инсулина, С-пептида относительно данных группы с функциональным напряжением механизмов адаптации, что может ассоциироваться с резистентной стадией стресса у первых. Повышение концентрации кортизола у мужчин с неудовлетворительной адаптацией указывает на усиление активности глюкокортикоидной функции и является отражением экологического адаптивного напряжения организма, возможно, за счет мобилизации обменных процессов стресс-гормонами. Подобные изменения наблюдаются у практически здоровых мужчин, проживающих в загрязненных районах промышленных городов Западной Сибири: у них, так же как у обследуемых нами лиц, отмечалось параллельное увеличение концентрации кортизола и уровня соматотропина, свидетельствующее об усилении обменных процессов [21].

Надо отметить, что выявленная корреляционная связь между АП и возрастом может прямо указывать на снижение адаптационных возможностей с возрастом. И действительно, как показал статистический анализ, хорошая и удовлетворительная адаптация характерна для более молодых мужчин – 22 и 35 лет. Но и функциональное напряжение механизмов адаптации

отмечается уже у мужчин в возрасте от 27 до 53 лет. Неудовлетворительная адаптация выявлена у более взрослых работников – начиная с 44 лет. Проведенное ранее исследование возрастных особенностей работников СЦБК рассматривало различия уровней гормонов между группами периода зрелого возраста (22–35 и 36–60 лет). Было показано снижение с возрастом концентраций кортизола, прогестерона, тестостерона и увеличение уровней T_4 , ТСГ, инсулина [22]. При повышении АП (т. е. при снижении адаптационных ресурсов) у работников СЦБК регистрируются изменения, сходные с возрастными, однако уровень кортизола увеличивается вместе с уровнем эстрадиола.

Ранее проведенные нами исследования выявили более высокие уровни кортизола и инсулина у работников целлюлозно-бумажного комбината по сравнению с жителями г. Архангельска, не занятыми в производстве с наличием неблагоприятных факторов труда [23], что свидетельствует о важности мониторинга уровня контргормонов у рабочих комбината.

Сравнивая результаты нашего исследования с данными мужчин г. Архангельска в возрасте 22–60 лет, не работающих на целлюлозно-бумажном производстве [24], можно отметить, что медиана значений АП мужской популяции города совпадает с медианой значений АП работников СЦБК, однако в структуре здоровья мужчин, проживающих в Архангельске, преобладают лица с удовлетворительной адаптацией (67 %) и 30 % занимают лица с функциональным напряжением механизмов адаптации, в то время как у работников СЦБК происходит смещение выделенных групп: идентичные доли занимают лица с функциональным напряжением механизмов адаптации (68 %) и неудовлетворительной адаптацией (28 %). Таким образом, мужчины трудоспособного возраста, работающие на целлюлозно-бумажном производстве, могут иметь более низкие адаптационные ресурсы относительно лиц того же возраста, не занятых в неблагоприятном производстве.

Необходимо отметить особенность, зарегистрированную в группе работников СЦБК с неудовлетворительной адаптацией, – одновременное увеличение концентраций кортизола и инсулина, являющихся контргормонами, а также С-пептида, что может служить признаком наступления стадии истощения [10]. Известно, что низкие резервные возможности и истощение коры надпочечников у значительной части населения Севера могут стать причиной пониженной продукции кортизола, нарушения обмена веществ и, соответственно, уменьшения адаптивной устойчивости организма [2].

Согласно V.C. Giampara, M.E. Williamson, в норме индекс тестостерон/эстрадиол у мужчин должен быть более 50 усл. ед. (50:1) [25]. Следует отметить, что при сокращении адаптационных возможностей соотношение тестостерон/эстрадиол у обследованных нами работников СЦБК снижается, достигая при этом минимальных значений (менее 50 усл. ед.) у отдельных лиц с неудовлетворительной адаптацией. В экстремальной среде обитания соотношение тестостерон/эстрадиол является более чувствительным показателем функциональной напряженности, изменение которого может свидетельствовать об элементах декомпенсации и о более ранних проявлениях нарушения баланса данных гормонов [9]. Наличие сниженного индекса тестостерон/эстрадиол у рабочих СЦБК является предиктором донозологического состояния. Это означает, что при систематической регистрации показателей системы кровообращения (ДАД, САД, ЧП) можно оперативно отслеживать ее функциональные изменения и выделять среди рабочих группу риска, которая подлежит дополнительному медицинскому обследованию и персонализированной профилактике заболеваний. Этот вариант не является трудоемким и требующим финансовых вложений, поэтому может быть свободно применен в медицинских учреждениях, обслуживающих целлюлозно-бумажное производство. Персонализированная профилактика состоит в вы-

явлении лиц с повышенным риском нарушения здоровья и его коррекции через увеличение резерва здоровья вне зависимости от наличия или отсутствия факторов риска.

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. Согласно классификации функционального состояния регуляторных систем [18, 26], 2/3 обследованных работников СЦБК находились в состоянии напряжения механизмов адаптации, состояние двух человек соответствовало физиологической норме, которая характеризуется хорошей и удовлетворительной адаптацией.

2. При снижении адаптационных возможностей до состояния неудовлетворительной адаптации для работников СЦБК характерно повышение уровней кортизола, ТСГ, эстрадиола, С-пептида, инсулина на фоне уменьшения соотношения половых гормонов (тестостерон/эстрадиол) и уровней тестостерона и прогестерона.

3. Большинство работников СЦБК нуждаются в проведении донозологической диагностики (т. е. в определении степени снижения адаптационных возможностей организма [16]), результаты которой могут быть использованы при планировании мероприятий по восстановлению здоровья. Рекомендуется при проведении обязательных периодических медицинских осмотров рабочих основных и вспомогательных цехов целлюлозно-бумажного производства осуществлять оценку структуры здоровья коллективов по профессиональным и возрастным группам, а также контролировать изменения с течением времени. Эти данные могут наглядно продемонстрировать динамику донозологических, преморбидных и патологических состояний. Именно донозологические состояния при отсутствии адекватных мер по сохранению и укреплению здоровья в последующем переходят в преморбидные и патологические.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. *Бойко Е.Р.* Методические подходы к исследованию влияния факторов Севера на организм человека // Вестн. образования и развития науки Рос. акад. естеств. наук. 2020. № 1. С. 82–88. DOI: [10.26163/RAEN.2020.46.81.013](https://doi.org/10.26163/RAEN.2020.46.81.013)
2. *Хаснулин В.И., Хаснулин П.В.* Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С. 3–11.
3. *Курзанов А.Н., Заболотских Н.В., Ковалев Д.В.* Функциональные резервы организма. М.: Изд. дом Акад. Естествознания, 2016. 96 с.
4. *Farrace S., Cenni P., Tuozi G., Casagrande M., Barbarito B., Peri A.* Endocrine and Psychophysiological Aspects of Human Adaptation to the Extreme // *Physiol. Behav.* 1999. Vol. 66, № 4. P. 613–620. DOI: [10.1016/s0031-9384\(98\)00341-2](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(98)00341-2)
5. *Казначеев В.П., Куликов В.Ю., Панин Л.Е., Соколов В.П., Ляхович В.В., Шорин Ю.П., Маянский Д.Н.* Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт / под ред. В.П. Казначеева. Л.: Медицина, 1980. 200 с.
6. *Selye H.* Stress in Health and Disease. London; Boston: Butterworth-Heinemann, 2013. 1300 p.
7. *Kubasov R.V., Varachevsky Y.E., Ivanov A.M., Kubasova E.D., Lupachev V.V.* Interhormonal Correlations at Professional Risk Staffs International Journal of Biomedicine // *Int. J. Biomed.* 2019. Vol. 9, № 2. P. 187–189.
8. *Туписова 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 // *Клин. лаб. диагностика.* 2017. Т. 62, № 5. С. 291–296. DOI: [10.18821/0869-2084-2017-62-5-291-296](https://doi.org/10.18821/0869-2084-2017-62-5-291-296)
9. *Бец Л.В.* Гормональные аспекты старения человека (антропологические и экологические подходы) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. XXIII: Антропология. 2013. № 3. С. 15–27.
10. *Панин Л.Е.* Адаптация и питание человека в экстремальных условиях Арктики // *Инновации и продовольств. безопасность.* 2013. № 1(1). С. 131–135.
11. *Marotta V., Malandrino P., Russo M., Panariello I., Ionna F., Chiofalo M.G., Pezzullo L.* Fathoming the Link Between Anthropogenic Chemical Contamination and Thyroid Cancer // *Crit. Rev. Oncol. Hematol.* 2020. Vol. 150. Art. № 102950. DOI: [10.1016/j.critrevonc.2020.102950](https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2020.102950)
12. *Ванюшин Ю.С., Хайруллин Р.Р.* Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторной системы в онтогенезе при функциональных нагрузках // *Наука и спорт: соврем. тенденции.* 2015. Т. 7, № 2. С. 71–77.
13. *Witvliet M.I., Toch-Marquardt M., Eikemo T.A., Mackenbach J.P.* Improving Job Strain Might Reduce Inequalities in Cardiovascular Disease Mortality in European Men // *Soc. Sci. Med.* 2020. Vol. 267. Art. № 113219. DOI: [10.1016/j.socscimed.2020.113219](https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113219)
14. *Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р.* Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике // *Арктика: экология и экономика.* 2015. № 1(17). С. 70–75.
15. *Баевский Р.М., Берсенева А.П.* Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 236 с.
16. *Баранов В.М., Баевский Р.М., Берсенева А.П., Михайлов В.М.* Оценка адаптационных возможностей организма и задачи повышения эффективности здравоохранения // *Экология человека.* 2004. № 6. С. 25–29.
17. *Щербинская Е.С.* Сохранение профессионального здоровья – основа надежности предприятия // *Здоровье и окружающая среда: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 14–15 нояб. 2019 г.).* Минск: РИВШ, 2019. С. 172–174.
18. *Синякова О.К., Зеленко А.В., Щербинская Е.С., Семушина Е.А.* Донозологическая диагностика как основа здоровьесберегающей стратегии в организации // *Здоровье и окружающая среда.* 2018. № 28. С. 112–116.
19. *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: Коми науч. центр УрО РАН, 1992. 156 с.

20. Аленикова А.Э. Эндокринный профиль местных и приезжих мужчин – жителей г. Архангельска в различные световые периоды года // Экология человека. 2009. № 7. С. 56–60.
21. Федина Р.Г., Хаснулин В.И. Исследование эндокринно-метаболических характеристик у практически здоровых мужчин-доноров Новосибирска // Медицина Кыргызстана. 2015. № 2. С. 43–45.
22. Попкова В.А. Возрастные особенности эндокринного статуса мужчин – работников целлюлозно-бумажного комбината г. Архангельска // Экология человека. 2009. № 7. С. 37–41.
23. Попкова В.А. Динамика показателей эндокринного профиля рабочих целлюлозно-бумажного комбината // Медицина труда и промышл. экология. 2017. № 3. С. 54–59.
24. Горенко И.Н. Адаптационный потенциал и эндокринный профиль мужчин Архангельска // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: тез. докл. VII Всерос. науч. конф. с междунар. участием (г. Апатиты, 16–22 июня 2019 г.). Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2019. С. 392–393. DOI: [10.25702/KSC.978-5-91137-393-1](https://doi.org/10.25702/KSC.978-5-91137-393-1)
25. Giampapa V.C., Williamson M.E. Breaking the Aging Code: Maximizing Your DNA Function for Optimal Health and Longevity. North Bergen: Basic Health, 2004. 152 p.
26. Баевский Р.М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2003. Т. 89, № 4. С. 473–487.

References

1. Boyko E.R. Metodicheskie podkhody k issledovaniyu vliyaniya faktorov Severa na organizm cheloveka [Method Approaches to Studying Effects of North Factors on Human Body]. *Vestnik obrazovaniya i razvitiya nauki Rossiyskoy akademii estestvennykh nauk*, 2020, no. 1, pp. 82–88. DOI: [10.26163/RAEN.2020.46.81.013](https://doi.org/10.26163/RAEN.2020.46.81.013)
2. Khasnulin V.I., Khasnulin P.V. Sovremennyye predstavleniya o mekhanizmax formirovaniya severnogo stressa u cheloveka v vysokikh shirotakh [Modern Concepts of the Mechanisms Forming Northern Stress in Humans in High Latitudes]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 1, pp. 3–11.
3. Kurzanov A.N., Zabolotskikh N.V., Kovalev D.V. *Funktsional'nye rezervy organizma* [Body's Functional Reserves]. Moscow, 2016. 96 p.
4. Farrace S., Cenni P., Tuozzi G., Casagrande M., Barbarito B., Peri A. Endocrine and Psychophysiological Aspects of Human Adaptation to the Extreme. *Physiol. Behav.*, 1999, vol. 66, no. 4, pp. 613–620. DOI: [10.1016/s0031-9384\(98\)00341-2](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(98)00341-2)
5. Kaznacheev V.P., Kulikov V.Yu., Panin L.E., Sokolov V.P., Lyakhovich V.V., Shorin Yu.P., Mayanskiy D.N. *Mekhanizmy adaptatsii cheloveka v usloviyakh vysokikh shirot* [The Mechanisms of Human Adaptation to High Latitudes]. Leningrad, 1980. 200 p.
6. Selye H. *Stress in Health and Disease*. London, 2013. 1300 p.
7. Kubasov R.V., Barachevsky Y.E., Ivanov A.M., Kubasova E.D., Lupachev V.V. Interhormonal Correlations at Professional Risk Staffs. *Int. J. Biomed.*, 2019, vol. 9, no. 2, pp. 187–189.
8. 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](https://doi.org/10.18821/0869-2084-2017-62-5-291-296)
9. Bets L.V. Gormonal'nye aspekty stareniya cheloveka (antropologicheskie i ekologicheskie podkhody) [Hormonal Aspects of Aging (Anthropological and Ecological Approaches)]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 23: Antropologiya*, 2013, no. 3, pp. 15–27.
10. Panin L.E. Adaptatsiya i pitaniye cheloveka v ekstremal'nykh usloviyakh Arktiki [Adaptation and Human Nutrition in Extreme Conditions of the Arctic]. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2013, no. 1, pp. 131–135.

11. Marotta V., Malandrino P., Russo M., Panariello I., Ionna F., Chiofalo M.G., Pezzullo L. Fathoming the Link Between Anthropogenic Chemical Contamination and Thyroid Cancer. *Crit. Rev. Oncol. Hematol.*, 2020, vol. 150. Art. no. 102950. DOI: [10.1016/j.critrevonc.2020.102950](https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2020.102950)

12. Vanyushin Yu.S., Khayrullin R.R. Kompensatorno-adaptatsionnye reaktsii kardiorespiratornoy sistemy v ontogeneze pri funktsional'nykh nagruzkakh [Compensatory and Adaptation Responses of the Cardiorespiratory System in Ontogenesis During Functional Loads]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii*, 2015, vol. 7, no. 2, pp. 71–77.

13. Witvliet M.I., Toch-Marquardt M., Eikemo T.A., Mackenbach J.P. Improving Job Strain Might Reduce Inequalities in Cardiovascular Disease Mortality in European Men. *Soc. Sci. Med.*, 2020, vol. 267. Art. no. 113219. DOI: [10.1016/j.socscimed.2020.113219](https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113219)

14. Solonin Yu.G., Boyko E.R. Mediko-fiziologicheskie aspekty zhiznedeyatel'nosti v Arktike [Medical and Physiological Aspects of Vital Activity in the Arctic]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2015, no. 1, pp. 70–75.

15. Baevskiy P.M., Berseneva A.P. Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i risk razvitiya zabolovaniy [Assessing the Body's Adaptation Potential and the Risk of Disease]. Moscow, 1997. 236 p.

16. Baranov V.M., Baevskiy R.M., Berseneva A.P., Mikhaylov V.M. Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i zadachi povysheniya effektivnosti zdravookhraneniya [Evaluation of Adaptive Abilities of an Organism and Tasks of Healthcare Effectiveness Increase]. *Ekologiya cheloveka*, 2004, no. 6, pp. 25–29.

17. Shcherbinskaya E.S. Sokhranenie professional'nogo zdorov'ya – osnova nadezhnosti predpriyatiya [Preservation of Occupational Health Is the Basis for Reliability of the Enterprise]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda* [Health and Environment]. Minsk, 2019, pp. 172–174.

18. Sinyakova O.K., Zelenko A.V., Shcherbinskaya E.S., Semushina E.A. Donozologicheskaya diagnostika kak osnova zdorov'esberegayushchey strategii v organizatsii [Prenosological Diagnostics as the Basis of Health Saving Strategy in the Organization]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*, 2018, no. 28, pp. 112–116.

19. Tkachev A.V., Boyko E.R., Gubkina Z.D., Ramenskaya E.B., Sukhanov S.G. *Endokrinnaya sistema i obmen veshchestv u cheloveka na Severe* [Endocrine System and Human Metabolism in the North]. Syktyvkar, 1992. 156 p.

20. Alenikova A.E. Endokrinnyy profil' mestnykh i prieszhikh muzhchin – zhiteley g. Arkhangel'ska v razlichnye svetovye periody goda [Endocrine Status in Arkhangelsk Local Dwellers and Newcomers at Various Light Periods of the Year]. *Ekologiya cheloveka*, 2009, no. 7, pp. 56–60.

21. Fedina R.G., Khasnulin V.I. Issledovanie endokrinno-metabolicheskikh kharakteristik u prakticheski zdorovykh muzhchin-donorov Novosibirsk [The Study of Endocrine-Metabolic Characteristics in Healthy Men-Donors of Novosibirsk]. *Meditsina Kyrgyzstana*, 2015, no. 2, pp. 43–45.

22. Popkova V.A. Vozrastnye osobennosti endokrinnogo statusa muzhchin – rabotnikov tsellyulozno-bumazhnogo kombinata g. Arkhangel'ska [Age-Related Features of the Endocrine Status in Arkhangelsk Pulp-and-Paper Industry Workers]. *Ekologiya cheloveka*, 2009, no. 7, pp. 37–41.

23. 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.

24. Gorenko I.N. Adaptatsionnyy potentsial i endokrinnyy profil' muzhchin Arkhangel'ska [Adaptation Potential and Endocrine Profile in Male Residents of Arkhangelsk]. *Ekologicheskie problemy severnykh regionov i puti ikh resheniya* [Ecological Problems of the Northern Regions and Ways to Their Solution]. Apatity, 2019, pp. 392–393. DOI: [10.25702/KSC.978-5-91137-393-1](https://doi.org/10.25702/KSC.978-5-91137-393-1)

25. Giampapa V.C., Williamson M.E. *Breaking the Aging Code: Maximizing Your DNA Function for Optimal Health and Longevity*. North Bergen, 2004. 152 p.

26. Baevskiy R.M. Kontseptsiya fiziologicheskoy normy i kriterii zdorov'ya [Concept of Physiological Norm and Criteria of Health]. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2003, vol. 89, no. 4, pp. 473–487.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z061

*Viktoriya A. Alikina** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0818-7274>
*Elena V. Tipisova** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2097-3806>
*Aleksandra E. Elfimova** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2519-1600>

*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
(Arkhangelsk, Russian Federation)

ADAPTIVE POTENTIAL AND ENDOCRINE PROFILE OF PULP AND PAPER WORKERS IN ARKHANGELSK

Introduction. Maintaining good health and working capacity of the population is one of the main tasks of the healthcare system. Living under adverse climatic conditions of the North and being exposed to dangerous production factors of the pulp and paper industry, strongly represented in the Arkhangelsk Region, can significantly reduce the adaptive capacity of the body. Major role in providing an adequate response to the action of irritators and initiating the adaptation process is played by the neuroendocrine, cardiovascular, and circulatory systems, which reflect qualitative and quantitative changes in the body while being reliable markers of homeostasis. The aim was to study the adaptive potential of workers showing the level of functioning of the circulatory system and to evaluate their endocrine profile depending on the revealed functional capabilities of the body. **Materials and methods.** The study involved 50 men aged 22–60 years working in the production departments of Solombala Pulp and Paper Mill (Arkhangelsk) with a body mass index of 19–25 and without earlier history of endocrine pathology. Serum levels of thyroxine-binding globulin and oestradiol were determined by means of radioimmunoassay, while serum concentrations of total cortisol, thyrotropin, thyroxine, triiodothyronine, progesterone, testosterone, insulin, C-peptide, and somatotropin were determined by enzyme-linked immunosorbent assay. **Results.** The research demonstrated that in 2/3 of the examined employees of the pulp and paper mill the adaptation mechanisms were under strain, while the condition of two subjects corresponded to the physiological norm, which is characterized by good and satisfactory adaptation. Workers with decreased adaptive capabilities to the point of unsatisfactory adaptation showed increased levels of cortisol, thyroxine-binding globulin, oestradiol, C-peptide, and insulin against the background of a decrease in testosterone, progesterone, and the testosterone/oestradiol ratio. The authors recommend conducting periodic medical examinations of pulp and paper workers, including endocrine profile assessment, and monitoring changes that occur over time.

Keywords: *adaptive potential, hormones, endocrine profile, working age men, pulp and paper industry, European North of Russia.*

Поступила 03.02.2021

Принята 20.07.2021

Received 3 February 2021

Accepted 20 July 2021

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

For citation: Alikina V.A., Tipisova E.V., Elfimova A.E. Adaptive Potential and Endocrine Profile of Pulp and Paper Workers in Arkhangelsk. *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 3, pp. 237–247. DOI: 10.37482/2687-1491-Z061