

УДК 612.017.2

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМАХ ФОРМИРОВАНИЯ СЕВЕРНОГО СТРЕССА У ЧЕЛОВЕКА В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

© 2012 г. В. И. Хаснулин, П. В. Хаснулин

Научный центр клинической и экспериментальной медицины  
Сибирского отделения РАМН, г. Новосибирск

О проблеме возникновения стресса в высоких широтах под действием экстремальных климатогеофизических факторов свидетельствуют многочисленные работы ученых [4, 9, 17, 31]. Так, Н. Р. Деряпа с соавторами [4], анализируя результаты исследований содержания кортикостероидных гормонов в крови человека в Антарктиде, делают вывод о проявлениях умеренного стресса в процессе адаптации полярников к экстремальным условиям высоких широт. Ц. П. Короленко [9] рассматривает изменения в психическом статусе на Севере как форму адаптации организма в условиях острого или хронического стресса.

Нашими исследованиями [21] было показано, что степень выраженности экологически обусловленного стресса может быть определена по показателям увеличения смертности населения в трудоспособном возрасте на конкретной территории по сравнению с аналогичными показателями в комфортных климатогеографических регионах страны. В среднем смертность в возрасте 16–59 лет составила в этих регионах 6,1 случая на 1 000 населения соответствующего возраста. Близкие показатели смертности обнаруживаются примерно в 17–18 % всех территорий России. Сравнение показателей в дискомфортных и комфортных регионах Севера свидетельствует о значительном увеличении смертности на этих территориях в анализируемой возрастной группе, а также о высокой степени выраженности экологически обусловленного стресса у населения.

Подтверждением наличия экологически обусловленного стресса у жителей Севера служат наши данные [22] о высоком уровне психоэмоционального напряжения у 63,7 % обследованных практически здоровых людей, постоянно живущих в регионе. При этом у 32,5 % обследованных уровень психоэмоционального напряжения превышал нормальные показатели в 1,5 раза, а у 31,2 % он был в 4–5 раз выше нормы. Аналогичная картина наличия у северян экологически обусловленного стресса прослеживается по данным определения в крови концентрации стресс-гормона кортизола. Как показало выборочное обследование жителей Севера без каких-либо дизадаптивных или патологических нарушений здоровья (около 30 % обследованных) нормальной концентрацией кортизола в крови является 265–314 нмоль/л. Большая же доля здоровых обследованных отличалась значимо более высокой концентрацией гормона в крови. Вместе с данными об увеличении показателей смертности жителей Севера в трудоспособном возрасте наличие экологически обусловленного стресса выражается в психоэмоциональных и эндокринных проявлениях стресс-реакции более чем у 60 % практически здоровых людей.

К стрессирующим факторам Севера отнесены *космические, геофизические, метеорологические* изменения [31]. Важным бионегативным фактором является суровые климатогеофизические условия северных широт, становящиеся причиной развития у человека северного стресса («синдром полярного напряжения»).

Основными составляющими звеньями этого полисиндрома являются: окислительный стресс, недостаточность детоксикационных процессов и барьерных органов, расстройства северного типа метаболизма, северная тканевая гипоксия, иммунная недостаточность, гиперкоагуляция крови, полиэндокринные расстройства, регенераторно-пластическая недостаточность, нарушения электромагнитного гомеостаза, функциональная диссимметрия межполушарных взаимоотношений, десинхроноз, психоэмоциональное напряжение, метеопатия. Показано, что хронический стресс вызывает истощение резервных возможностей организма, что в последующем довольно часто приводит к развитию каскада дизадаптивных расстройств, а позже к возникновению патологических состояний.

**Ключевые слова:** экологически обусловленный северный стресс, адаптация человека на Севере.

тивным элементом окружающей среды оказались антропогенные и техногенные факторы загрязнения воздушной, водной и почвенной среды обитания на Севере. Изменение социальных и техногенных факторов в отрицательную сторону может усиливать негативное действие экстремальных климатогеофизических факторов, углубляя северный стресс.

Многочисленные исследования на Севере и в Антарктиде позволяют отнести к наиболее характерным проявлениям климатогеографического стресса реакции центральной нервной и эндокринной систем, изменения метаболизма и развитие «окислительного стресса» [2, 3, 8]. Доказано, что стресс, возникающий в результате отрицательного внешнего воздействия факторов окружающей среды высоких широт, обеспечивает запуск мобилизации важнейших гомеостатических механизмов адаптации и является вполне оправданной реакцией, призванной включить необходимые защитные процессы.

Длительный же стресс вызывает истощение резервных возможностей организма, что в последующем приводит к развитию каскада дизадаптивных расстройств, а позже возникновению патологических состояний. Эти наблюдения вполне соответствуют теоретическим заключениям о том, что стадия истощения, которая может возникнуть при стрессе, уже характеризует собой переход адаптивной стресс-реакции в патологию. Результаты работ [23, 25] значительно углубляют понимание северного стресса как основы экологически обусловленных включений адаптивных механизмов, а при истощении резервных возможностей организма — формирования общепатологических, дизадаптивных реакций при проживании человека на Севере.

В настоящее время северный стресс с его общепатологическими последствиями рассматривается как присущий Северу общеорганизменный синдром, в отличие от синдрома стресса Г. Селье, являющегося глобальным биологическим феноменом. Связь дизадаптивных процессов у человека в высоких широтах с особенностями геомагнитной среды, светового и холодового режимов, приливных и неприливных сил тяжести, особенностей питания, социального климата позволила исследователям назвать этот феномен синдромом полярного напряжения [8, 22].

В отличие от описанной в литературе картины стресса в средних широтах, в высоких широтах формирование негативной фазы северного климатогеофизического стресса начинается в другой последовательности. Первично эффекты мощных флуктуаций геомагнитных полей возникают практически во всех клетках человеческого тела, активируя свободно-радикальные реакции и вызывая на определенных этапах снижения защитных механизмов молекулярно-мембранные дефекты, называемые некоторыми учеными «окислительным стрессом». Свободнорадикальные и недоокисленные продукты, возникающие при этом, становятся одним из основных патогенетических факторов каскада нарушений функций клеток печени, клеток крови, иммунной системы, эндокринных желез,

сосудов, сердца, других жизнеобеспечивающих систем. Центральная нервная система (ЦНС) включается в общую реакцию на экстремальное воздействие в последнюю очередь. Нарастающее эндогенно обусловленное психоэмоциональное напряжение завершает негативную картину дистресса на Севере.

Другими словами, в случае синдрома полярного напряжения запуск адаптивных стресс-реакций и в последующем «болезней дизадаптации» начинается с молекулярно-клеточных реакций всех органов и систем организма на геофизические воздействия.

Обобщенные данные позволяют определить основными составляющими звеньями северного стресса следующие: липидная гиперпероксидация (окислительный стресс); недостаточность детоксикационных процессов и выделительных процессов; расстройства северного типа метаболизма; северная капиллярно-трофическая недостаточность; северная тканевая гипоксия; иммунная недостаточность; гиперкоагуляция крови; полиэндокринные расстройства; регенераторно-пластическая недостаточность; нарушения электромагнитного гомеостаза; функциональная диссимметрия межполушарных взаимоотношений; десинхроноз; психоэмоциональное напряжение; метеопатия.

Остановимся на тех составляющих синдрома полярного напряжения, понимание которых уже в настоящее время позволяет провести эффективную коррекцию дизадаптивных нарушений.

*Развитие мембранных дефектов на фоне истощения антиоксидантной защиты.* Универсальность значения свободнорадикальных реакций в приспособлении организма к действию различных стрессирующих факторов вытекает из многих работ. Активация перекисного свободнорадикального окисления липидов, по данным [8], имеет принципиальное значение в адаптивных перестройках и, в частности, необходима для переключения на новый уровень энергетических механизмов гомеостаза. Изменения в системе «антиокислители — перекисное окисление липидов (ПОЛ)» являются обязательным звеном в процессе адаптации человека в высоких широтах [3, 20].

Исследования, проведенные нами в Норильске и Якутии [22], подтвердили, что изменения баланса в системе «антиоксиданты — липопероксидация» имеют важное значение в процессах адаптации с первых дней проживания на Севере. Вместе с тем длительный окислительный стресс на Севере постепенно истощает антиоксидантную защиту и превращается из защитной адаптивной реакции в механизм формирования дизадаптивных расстройств. Основой мембранной недостаточности клеточных и субклеточных структур у значительной части северян является нарастающая недостаточность основных классов жирорастворимых витаминов — незаменимых, высокоактивных биологических соединений в организме [6]. Среди причин формирования их недостаточности ведущим оказался алиментарный фактор, обусловленный низ-

ким уровнем потребления самих жирорастворимых витаминов, а в ряде случаев и соединений (провитаминов, микроэлементов), обеспечивающих их синтез и биологическую активность в организме.

При истощении запасов эндогенных антиоксидантов в организме адаптирующегося к экстремальным условиям Севера человека особенно серьезные последствия для клеточных и субклеточных мембран может иметь так называемый синдром липидной гиперпероксидации. В. Ю. Куликов с соавторами [12], учитывая влияние избыточной липидной пероксидации (ПОЛ) и активированных кислородных метаболитов на процессы капиллярной трофики, называют этот синдром внутрикапиллярным окислительным стрессом, переходящим в стадию капиллярно-трофической недостаточности (*синдром северной капиллярно-трофической недостаточности*).

Наиболее значительная, не контролируемая антиоксидантами, липидная гиперпероксидация возникает при ускоренном использовании резервов антиоксидантов и их дефиците в пище в периоды острого адаптивного процесса и особенно при присоединении вирусной или микробной инфекции. Свободные радикалы — продукты неконтролируемого ПОЛ, повреждая клеточные и субклеточные мембраны, изменяют активность ферментных систем, нарушают метаболизм жиров, белков и углеводов; тормозят индукцию монооксигеназ смешанного типа в эндоплазматическом ретикулеуме, ухудшают иммунную реактивность, действуя на клеточную систему иммунитета.

По существу, речь идет о «мишенных» эффектах продуктов ПОЛ. Одной из таких наиболее чувствительных «мишеней» является эндотелий сосудов как наиболее распространенная в организме полифункциональная ткань, принимающая активное участие во многих обменных процессах. Мембраноповреждающий, вазоконстрикторный и вазодилаторный эффекты реализуются как непосредственно под действием свободных радикалов, так и посредством активированных кислородных метаболитов, генерация которых происходит в результате индукции реакций ПОЛ, или в ходе восстановления гидроперекисей в сосудистом русле, или за счет активности ряда клеточных (эритроциты, гранулоциты) и внеклеточных (ксантиноксидаза) систем.

Так, механизмы повреждения микроциркуляторного русла при гипоксии связывают с активацией тканевых протеаз, стимулирующих переход НАД-окисляющей ксантиндегидрогеназы в ксантиноксидазу, продуцирующую анионрадикал и перекись водорода. Последние в присутствии двухвалентного железа превращаются в гидроксильный радикал, инициирующий реакции ПОЛ и высвобождение биоактивных веществ, привлекающих и активирующих гранулоциты. Активированные гранулоциты крови, в свою очередь, продуцируют большое количество флогогенов, усиливающих повреждение эндотелия капилляров.

В исследовании [12] выявлено также, что эритроцитам и гранулоцитам крови в условиях Крайнего

Севера принадлежит основная роль в генерации активированных кислородных метаболитов (АКМ) в капиллярном русле и повреждении функции перикапиллярных структур и эндотелия. Эта повышенная генерация клетками крови АКМ в капиллярном русле определяется антиоксидантно-метаболической функцией легких. Депрессия этой функции может за счет локальной активации внутри капиллярного окислительного стресса в миокарде, ЦСН и тканях других органов способствовать повышенной изнашиваемости тканевых органных структур с нарушением их функции.

Липидная гиперпероксидация на фоне истощения эндогенной антиоксидантной защиты выявлена у прошлого населения Севера при развитии дизадаптивных предпатологических и патологических расстройств со стороны органов дыхания, пищеварения, печени и почек. Синдром липидной гиперпероксидации (окислительный стресс) становится одним из ведущих патогенетических механизмов в развитии у северян ишемической болезни сердца (ИБС) и артериальной гипертензии (АГ) [23]. Как оказалось, наиболее тяжелые формы патологии легких, сердечно-сосудистой системы, печени, желудочно-кишечного тракта развивались на фоне достоверно большего снижения уровня антиоксидантной защиты и высокой степени липопероксидации [22].

В тесной связи с мембранными дефектами на фоне избыточной липидной пероксидации находится и другой механизм развития дизадаптивных расстройств — *снижение функциональных возможностей гепатоцита по метаболизму жиров и детоксикации чужеродных веществ эндогенного и экзогенного происхождения*. Выявленное у коренного населения Севера (чукчи, ненцы, эскимосы) увеличение печени, которое трактуется как нормальное явление, есть следствие компенсаторной гиперфункции печеночной ткани [7, 22, 26, 29]. Данные обследования здоровых людей в течение первого месяца проживания их в Норильске показали, что уже с первых дней пребывания человека в условиях Севера функции печени находятся в значительном напряжении. Об этом можно судить по повышению уровня билирубина в крови на первой и второй неделях проживания на 50–80 % против уровня предварительного обследования этих людей в средних широтах. Увеличение концентрации билирубина происходит в основном за счет связанной (глюкуронизированной) фракции. О напряженной функции печени в период первых недель акклиматизации свидетельствовало также значимое повышение уровня холестерина в крови и увеличение эстерифицирующей функции печени на 20 %.

Необходимостью адаптивной гиперфункции печени, направленной на активацию метаболических, детоксикационных и других жизнеобеспечивающих процессов, можно объяснить гепатомегалии, выявляемые у взрослых и детей среди прошлого населения Севера [22]. Результаты обследования людей на Севере свидетельствуют о существенном влиянии

климатогеографических факторов высоких широт на функциональную активность печени — основной лаборатории организма, обеспечивающей потребности в энергетических и пластических материалах; детоксицирующей ксенобиотики; играющей большую роль в пищеварении, кроветворении; осуществляющей выделительную функцию и поддерживающую эффективность других гомеостатических процессов.

Негативные последствия окислительного стресса, истощение резервных возможностей печени, обусловленное фенотипическими особенностями, токсическими, бактериальными, вирусными или паразитарными нарушениями функций гепатоцита у жителей Севера, выражаются в увеличении показателей в крови уровня фосфолипидов, свободных жирных кислот, триглицеридов, холестерина, грубодисперсных липопротеидов низкой и очень низкой плотности [22]. Снижение функциональных возможностей гепатоцита по детоксикации экзогенных и эндогенных ксенобиотиков регистрируется по снижению показателя эстерификации холестерина, по ухудшению показателей глюкуронизации билирубина, по времени полувыведения антипирина, отражающем активность микросомальных оксидаз смешанного типа.

Было показано также, что снижение детоксикации эндогенных и экзогенных продуктов метаболизма связано и с периодами геофизических возмущений [20]. На фоне прочих дизадаптивных расстройств снижение функций печени и увеличение времени полувыведения антипирина коррелировали с появлением гиперкоагуляции крови, повышением наклонности к внутрисосудистой агрегации тромбоцитов, снижением фибринолитической активности, повышением артериального давления, депрессией интервала S—T, преимущественно во II и III стандартных и левых грудных отведениях на ЭКГ. С ухудшением функций печени и снижением детоксикации оказались взаимосвязаны нарушения функций иммунной системы, особенно увеличение концентрации циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) в крови, и снижение поглотительной способности нейтрофилов. Последующие наши наблюдения [22] показали, что более длительное проживание человека в экстремальных условиях может приводить к ухудшению функции печени.

С функцией печени и особенностями энергообеспечения в экстремальных климатогеографических условиях Севера тесно сопряжены характеристики *северного типа метаболизма* и их расстройства. Работы Л. Е. Панина [17] и других ученых показали, что экстремальные факторы природной среды приводят к изменению всех видов обмена веществ, и прежде всего преимущественному использованию в обмене белков и жиров, а также существенному уменьшению доли углеводов. Изменяется потребность в водо- и жирорастворимых витаминах в сторону жирорастворимых. Оказалось, что у аборигенов Севера переключение энергетического обмена с углеводного типа на жировой связано с использованием не эндогенного жира, а экзогенного — пищевого. Наличие в пищевом жире

большого количества непредельных жирных кислот обеспечивает высокую скорость окисления липидов. Все это создает чрезвычайно благоприятные условия для метаболизма липидов и определяет более низкий уровень холестерина.

Было показано, что высокую устойчивость в условиях стресса обеспечивает не столько энергетическая ценность пищи, сколько её качественные характеристики. Данные наблюдений свидетельствуют о том, что у коренных жителей Севера, придерживающихся традиционных типов питания с преимущественным употреблением белково-жировой северной пищи, отмечаются значимо меньшие проявления дизадаптивных расстройств со стороны основных гомеостатических систем в сравнении с коренными жителями, питающимися «цивилизованной» пищей. Жители Севера, не придерживающиеся требований северного типа метаболизма, более подвержены дизадаптивным и патологическим расстройствам сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения, дыхания, мочевыделительной системы, ЛОР-органов, иммунной и эндокринной систем.

Важным элементом северного стресса оказались нарушения как в свертывающей, так и противосвертывающей системах крови, во многом зависящие от мощных перепадов характеристик метео- и геофизических факторов высоких широт [11, 18]. Выяснилось, что в периоды резких изменений метеорологических или геофизических параметров на Севере у людей со сниженными адаптивными возможностями скорость свертывания крови резко увеличивается (*гиперкоагуляция крови*), что может приводить к образованию тромбов в капиллярах и других кровеносных сосудах, а в конечном итоге к гипоксии жизненно важных органов. Особенно пагубны подобные нарушения для мозга и сердца, так как их последствиями могут быть инфаркт миокарда или инсульт. Прослеживается четкая связь повышенной свертываемости крови с началом полярной ночи и выходом из неё. Установлена высокая степень корреляции показателей с индексами геомагнитной активности в осенне-зимний период. Известны факты усиления свертывания крови у здоровых и больных людей в послеполуденное, вечернее и ночное время. В то же время усиление свертывания крови оказалось зависимым от увеличения в крови содержания так называемых атерогенных жиров; нарастания концентрации свободных радикалов; снижения функции ферментативных систем по переработке и выведению из организма токсических продуктов обмена веществ, а также от повышения уровня психоэмоционального напряжения.

Следующим механизмом, усугубляющим дизадаптивные процессы на Севере, оказались *функциональные иммунодефицитные состояния*, возникающие в периоды мощных геофизических возмущений, характерных только для авроральной зоны высоких широт [5, 24]. При этом было показано, что северные иммунодефициты развиваются не только у больных, но и у здоровых людей, что способствует снижению



противоинфекционной защиты, уменьшению роли иммунной системы в детоксикации токсических продуктов. Характерным для функционального иммунодефицита на Севере является уменьшение количественных и качественных показателей клеточного иммунитета с меньшим на 10–15 % числом Т-хелперов и Т-супрессоров. Обнаруженная значимо высокая концентрация ЦИК у больных на Севере может быть объяснена как снижением фагоцитарной активности моноцитов и нейтрофилов, так и недостаточностью функции печени по переработке и выведению продуктов белковой природы. Тем более что уровень ЦИК коррелировал с показателями детоксикации антипирина печенью. Исследования показали, что при наличии иммунодефицитных состояний прогрессирование заболеваний у северян выражено в большей степени, нежели при отсутствии нарушений иммунной защиты.

Мембранные дефекты, нарушения метаболизма, накопление в крови значительной концентрации продуктов реакции «антиген — антитело» (ЦИК), снижение скорости переработки и выведения печенью токсичных продуктов обмена веществ и белковых компонентов продуктов иммунных реакций становятся основой еще одного из часто встречающихся у северян механизмов развития дизадаптации и в последующем патологии. Речь идет о *нарушениях водно-солевого обмена и выделительной функции почек*. По данным статистики [1, 6], показатели заболеваемости мочевыделительной системы в регионах Севера значительно превышают аналогичные показатели у жителей средних широт. Эта патология чаще всего проявляется в форме уrolитиаза или нефротического синдрома с характерной задержкой в организме жидкости, нарушением баланса электролитов и АГ. Вполне вероятно, что одним из факторов повреждения почек является отложение в клубочках иммунных комплексов, в избытке присутствующих в сыворотке крови. На первых же стадиях дизадаптивного процесса расстройства функции почек могут выступать в качестве усугубляющих другие дизадаптивные реакции, способствуя накоплению в организме токсических продуктов и паренхиматозным отекам.

Исследования показали также четкую зависимость тяжести всех перечисленных расстройств на уровне клеточных, метаболических, детоксикационных, выделительных и иммунных расстройств от характера *нарушения эндокринной регуляции* приспособительного процесса по типу гипер- или гипoadaptоза по классификации Ю. П. Шорина [27]. Было показано, что стресс-обусловленное повышение уровня кортизола у жителей Севера способствует мобилизации адаптивных резервов организма человека и служит поддержанию необходимого уровня работоспособности [19, 25]. При этом высокая адаптивная устойчивость обеспечивается за счет мобилизации обменных процессов стресс-гормонами. Низкие резервные возможности и истощение коры надпочечников у значительной части населения могут

стать причиной пониженной продукции кортизола, нарушения обмена веществ и соответственно снижения адаптивной устойчивости организма [3, 27]. К снижению, адаптивной устойчивости организма человека на Севере может привести и длительная гиперэкскреция стрессовых гормонов.

Итак, оказалось, что реагирование на экстремальные факторы климата Севера очень мощным или значительно ниже нормы выбросом кортикостероидных гормонов является неадекватным для эффективной адаптации и усугубляет интенсивность прогрессирования дизадаптивных процессов. Эта закономерность прослежена при развитии патологии печени, сердечно-сосудистой системы, органов дыхания. С высоким уровнем кортизола коррелировало более бурное прогрессирование патологии печени, органов дыхания, а также АГ [22]. С высокими концентрациями кортизола чаще сочетались выраженные воспалительные процессы. И наоборот, с низкими концентрациями кортизола сочетались прогрессирующие дистрофические процессы с нарастающими показателями усиленного склерогенеза [22, 26].

Важную роль в формировании всего комплекса дизадаптивных процессов играет нарастание *дисбаланса между функциональной активностью правого и левого полушарий головного мозга и увеличение уровня психоэмоционального напряжения*. Одним из существенных звеньев формирования дизадаптации человека на Севере является синдром психоэмоционального напряжения [10]. При этом психоэмоциональное напряжение, направленное на адаптивную мобилизацию резервных возможностей организма, не всегда оказывается целесообразным. До сих пор остается не выясненным вопрос о причинах значимого снижения адаптационно-восстановительного потенциала у пришлого населения Севера уже на первых этапах адаптации. Данные исследований [20, 24, 25] позволяют утверждать, что повышенный уровень психоэмоционального напряжения, замедление скорости и большая вариабельность воспроизведения простых сенсомоторных реакций, проявление негативных эмоций у значительного числа пришлых вахтовых работников на Севере по сравнению с жителями средних широт свидетельствует о развитии у первых психоэмоционального стресса.

Зависимость нарастания уровня психоэмоционального напряжения от климатогеофизических условий, его увеличение в периоды высокой солнечной и геофизической активности, меньшие показатели корреляционной связи психоэмоционального напряжения с техногенными и социальными факторами подтверждают преимущественную экологическую обусловленность психоэмоционального стресса на Севере. Показано, что психоэмоциональный северный стресс в значительной мере способствует мобилизации адаптивных механизмов организма человека, что отражается на росте адаптивно-восстановительного потенциала в период геомагнитных возмущений и более высоких показателях этого потенциала у людей,

адаптирующихся к условиям Севера со значительным увеличением психоэмоционального напряжения.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в современных условиях высокий уровень геофизически обусловленного негативного психоэмоционального напряжения усугубляется действием социального стресса. При этом хроническое психоэмоциональное напряжение становится фактором риска прогрессирования ряда патологических расстройств: сердечно-сосудистой, респираторной, нервной и эндокринной систем, органов пищеварения, печени, почек [22]. Большая устойчивость адаптивных механизмов к стрессирующему действию Севера наблюдалась у людей с высокой функциональной активностью правого полушария мозга, при нормальной активности левого [13, 18, 20, 22]. Эти люди отличались меньшим психоэмоциональным напряжением, меньшей заторможенностью нервных процессов, меньшим выбросом кортизола в кровь, лучшими показателями кровоснабжения органов, меньшим напряжением выделительной, детоксицирующей и метаболической функций, меньшей частотой и выраженностью патологических расстройств и большей устойчивостью к изменению метеорофизических факторов, свидетельствующей о хорошей способности организма опережающе подстраивать внутренние жизнеобеспечивающие процессы в соответствии с изменяющимися природными и космическими факторами.

В целом по результатам серии северных и других исследований нам удалось выявить ранее неизвестную науке закономерность: контроль за адаптивной подстройкой висцеральных систем, метаболического и иммунного гомеостаза к изменяющимся климатическим, геофизическим и другим природным факторам среды осуществляется в основном правым полушарием головного мозга [22]. Показано также, что с ухудшением функциональной активности правого полушария склонность к быстрому прогрессированию заболеваний на Севере значительно возрастает.

Важно отметить, что функционирование практически всех уровней гомеостаза взаимосвязано с пульсирующими электромагнитными полями (ЭМП) организма человека, и в первую очередь генерируемым сердцем ЭМП, выполняющим функцию дополнительного движителя (насоса) крови. Правильнее говорить о значении для состояния организма человека взаимодействия внутренних и внешних ЭМП, и прежде всего ЭМП сердца (*электромагнитный гомеостаз*) [30]. Для Севера в период магнитных бурь эффективность электромагнитного насоса сердца, скорее всего, резко возрастает за счет синхронизации внутреннего пульсирующего ЭМП с меняющимся электрическим потенциалом высокой мощности пульсирующего геомагнитного поля. Эта эффективность, возможно, и является причиной эйфории и возбуждения у жителей высоких широт в начальный период магнитной бури.

Последующее повышение артериального давления у многих северян также говорит о повышении

эффективности деятельности сердца как электромагнитного насоса. Хотя нельзя при этом забывать о возможном вазоконстрикторном действии ЭМП, которое также может вносить свой вклад, особенно при низких температурах, в повышение артериального давления. Высокая интенсивность функционирования сердечно-сосудистой системы в периоды частых геомагнитных возмущений ведет к истощению резервных систем. К тому же присоединяются извращения реакций нейроэндокринной системы и метаболизма в условиях хронического северного стресса. Все это в комплексе усугубляет дизадаптивные процессы, а затем и патологии, среди которых первое место занимает АГ. Тем не менее новый взгляд на механизм формирования АГ с участием извращенной деятельности электромагнитного насоса сердца в периоды геомагнитных возмущений в высоких широтах говорит о преимущественном электромагнитном патогенезе АГ у человека в высоких широтах.

Рассогласование пульсации ЭМП сердца с колебаниями внешних геомагнитных полей вместе с нарушениями биоритмологической организации организма человека, возникающими в связи с сезонными особенностями светопериодики на Севере, становятся основой развития *дизадаптивных десинхронозов* [16, 28]. Одним из ярких их проявлений на Севере являются два типа заболевания, обусловленные изменениями дневного света в различные времена года.

Первый тип — сезонная аффективная депрессия, появляющаяся обычно осенью и зимой со спонтанной ремиссией в последующую весну и лето. Симптомы включают в себя снижение уровня активности, гиперсомнию, переедание и потребность в углеводах. Большинство пациентов страдают затруднениями в работе и при общении. Второй тип заболевания — бессонница середины зимы, характерен, по мнению ученых, лишь для экстремальных широт. Это преимущественно вид бессонницы, начинающийся в период полярной ночи. С возникновением десинхронозов в полярных регионах связывают развитие патологии сердечно-сосудистой системы, железодефицитных состояний, синдрома липидной гиперпероксидации, нарушения эритропоэза, нарушений эндокринной и других гомеостатических систем. При этом наибольшее число дизритмий возникает в периоды полярной ночи, когда складывается наиболее неблагоприятная светопериодика и возникает наибольшее число геофизических возмущений.

Таким образом, десинхроноз оказывается одним из важных механизмов формирования дизадаптивного синдрома полярного напряжения. Сам же десинхроноз как чрезмерная либо запаздывающая, извращенная реакция, нарушающая опережающую подстройку биологических ритмов человека к изменяющимся условиям внешней среды, может быть отнесен к категории метеопатий.

Особенности обменных процессов, избыточная липидная пероксидация, функциональные иммунодефициты, специфика функционирования

нейроэндокринных регуляторных механизмов в условиях экстремального действия климатогеофизических факторов высоких широт приводят к принципиально иному течению хронических патологических процессов — первично дистрофической форме развития патологии. Сущность формирования *регенераторно-пластической недостаточности* на Севере заключается в несостоятельности пластического обеспечения функций и снижении уровня регенераторных реакций. Механизмы регенераторно-пластической недостаточности описаны в работах Л. М. Непомнящих с соавторами [14, 15]. Установлены два основных механизма развития недостаточности органов и тканей: 1) альтерация паренхиматозных клеток в результате воздействия экстремальных эндогенных и экзогенных факторов с последующей их гибелью путем некроза (альтеративная недостаточность) и 2) нарушение биосинтетических процессов на транскрипционном и трансляционном уровнях или при необратимых повреждениях генома с развитием регенераторно-пластической недостаточности паренхиматозных клеток и их последующей гибелью путем апоптоза (регенераторно-пластическая недостаточность).

Исход и прогноз различных общепатологических процессов зависят не только от характера повреждения и форм гибели паренхиматозных клеток, но и от их регенераторного потенциала. При альтерации клеток в преобладающем числе случаев их гибель происходит путем некроза, а репаративная регенерация в высокодифференцированных, преимущественно постмитотических клеточных популяциях (в частности, в миокарде), осуществляется субституционно с формированием очагов склероза. При снижении или подавлении синтеза структурных белков и нарушении процессов внутриклеточной регенерации смерть клеток происходит путем апоптоза с последующей макрофагальной резорбцией и при массивных поражениях заканчивается диффузным склерозированием тканей и органов. Первично дистрофические процессы, преобладающие в условиях хронического стрессирования, характеризуются первично возникающей дистрофией и атрофией паренхиматозных структур, ранним и диффузным реактивным склерозом стромы и значительным снижением биосинтетических процессов в клетках. Другими словами, первично дистрофическая форма патологического процесса обусловлена регенераторно-пластическим дефицитом.

Пластическая недостаточность развивается при снижении или прекращении синтеза белков в клетках в результате действия экзогенных и эндогенных повреждающих факторов, а также в процессе декомпенсации как результат несоответствия функциональной нагрузки и пластического обеспечения функций. Микроскопически пластическая недостаточность проявляется атрофическими и дистрофическими изменениями. В далеко зашедших случаях пластической недостаточности в некоторых клетках дегградация структур приводит к их полному исчезновению. При

развитии синдрома регенераторно-пластической недостаточности человеческий организм становится открытым для проникновения в организм новых вирусов, бактерий, грибковых образований, паразитарных многоклеточных и других патологических факторов.

Исследования течения хронических заболеваний легких, желудочно-кишечного тракта, а также ИБС на Севере [22] позволяют сделать вывод о том, что синдром полярного напряжения (экологически обусловленный северный стресс) является одним из основных патогенетических механизмов формирования и развития хронической патологии в высоких широтах. А в основе большинства патологических процессов, регистрируемых в приполярных регионах, лежит прогрессирующая регенераторно-пластическая недостаточность.

Еще одним дизадаптивным состоянием, являющимся составной частью северного стресса и интегрально отражающим на всех этапах формирование нарушений функций гомеостатических систем организма, оказалось болезненное реагирование человека на колебания погодных, геофизических, космических, ритмологических и других природных факторов, то есть *болезненная метеочувствительность*, или *метеопатия* [22, 30].

Метеопатию необходимо отличать от физиологической метеочувствительности, самого необходимого организму свойства согласовывать свою жизнедеятельность с ритмами биосферы. Физиологическая метеочувствительность — это комплекс внутренних процессов, «подстраивающих» организм к изменяющимся солнечным, гравитационным, геомагнитным, световым и другим условиям. Это способность организма своевременно и адекватно реагировать на изменение внешних воздействий среды, особенно в регионах с экстремальными климатогеофизическими условиями, которая зависит от индивидуальных генотипических особенностей механизмов адаптации, степени их истощения в данный период, от сочетания тех или иных погодных и геофизических факторов, от локального геомагнитного, гравитационного, геохимического и антропогенного фона.

Метеопатии возникают при сильном переутомлении, болезни, в стрессовых ситуациях, когда приспособительные резервы основных жизнеобеспечивающих систем не успевают подготавливать организм к возникающим экстремальным погодным, геомагнитным ситуациям.

Такая дисгармония с природой при каждом новом всплеске может нарастать и становится одним из главных механизмов формирования хронической патологии. Возникающие при этом метеопатические реакции являются следствием расстройства того органа или той системы, которые из-за наследственной предрасположенности и сочетания воздействий экстремальных природных, антропогенных и социальных факторов находятся в наибольшем напряжении и истощаются в первую очередь.

Метеопатические реакции организмом ощущаются субъективно и объективно, что проявляется в плохом самочувствии, головной боли, бессоннице, повышении или понижении артериального давления, спазмах коронарных и мозговых сосудов, в психическом дискомфорте, ухудшении обменных, иммунных и других процессов. То есть сочетание метеопатии с другими проявлениями синдрома полярного напряжения является дополнительным фактором, отягощающим патологический процесс и ускоряющим развитие дизадаптации.

Резюмируя данные исследований экологически обусловленного *северного стресса (синдром полярного напряжения)*, можно говорить о том, что данное состояние включает в себя комплекс взаимосвязанных приспособительных психоэмоциональных, эндокринных, метаболических, иммунных реакций, обеспечивающих эффективность приспособления организма к действию экстремальных факторов среды. Истощение адаптивных резервов организма при длительном пребывании в высоких широтах приводит к нарастанию показателей психоэмоционального напряжения, появлению большого числа негативных эмоций, эндокринных расстройств по типу гипер- или гипoadаптоза, снижению устойчивости клеточных и субклеточных мембран к негативному действию окислительного стресса и, как следствие, к многочисленным дизадаптивным расстройствам. Дизадаптивные и патологические расстройства у жителей Севера развиваются в виде каскада дизадаптивных процессов, которые начинаются с генерализованного молекулярно-мембранного клеточного дефекта, ведущего к последующему нарушению функции ферментов и клеток иммунной, эндокринной и нервной систем, системы детоксикации и расстройствам метаболизма. Последствиями этих изменений, усугубляемых действием хронического психосоциального стресса, становятся замедление регенераторно-восстановительных процессов, прогрессирующие функциональные иммунодефициты, быстрое истощение регуляторных нейроэндокринных механизмов, ускоренное прогрессирование заболеваний, выраженные процессы склерогенеза и преждевременное старение.

Данные исследований свидетельствуют, что все перечисленные дизадаптивные процессы, составляющие экологически обусловленный северный стресс, могут возникать в организме одновременно, но чаще встречаются в тех или иных сочетаниях. От характера этих сочетаний, а также от наследственно-адаптивных особенностей отдельного человека зависит и локализация развивающейся патологии.

#### Список литературы [References]

1. Aizman R. I. Funktsional'noe sostoyanie pochek i vodno-solevogo obmena u detei, stradayushchikh ostroi pnevmoniei [Kidney functional state and water-salt metabolism in children suffering from acute pneumonia] // Problemy zdorov'ya naseleniya regionov Krainego Severa, Sibiri, Dal'nego Vostoka. Krasnoyarsk, 1986. S. 72–74. [in Russian]

2. Berezin F. B. Psikhicheskaya adaptatsiya i psikhofiziologicheskie sootnosheniya [Mental adaptation and psychophysiological correlations] // Nauchno-tekhnicheskii progress i pripolyarnaya meditsina. Novosibirsk. 1978. T. 1. S. 260–261. [in Russian]

3. Boiko E. R. Fiziologo-biokhimicheskie osnovy zhiznedeyatel'nosti cheloveka na Severe [Physiological-biochemical principles of human vital activity in the North]. Yekaterinburg, 2005. 190 s. [in Russian]

4. Deryapa N. R., Matusov A. L., Ryabinin I. F. Adaptatsiya cheloveka k ekstremal'nym usloviyam Antarktidy [Human adaptation to extreme Antarctic conditions] // Resursy Biosfery. 3. Adaptatsiya cheloveka. L. : Nauka, 1976. S. 120–143. [in Russian]

5. Dobrodeeva L. K., Sen'kova L. V., Moskovskaya N. B. Ekologicheski zavisimye izmeneniya immuniteta na Severe [Ecologically dependent immunity changes in the North] // Fiziologicheskie zakonomernosti gormonal'nykh, metabolicheskikh, immunologicheskikh izmenenii v organizme cheloveka na Evropeiskom Severe. Syktyvkar, 1997. S. 97–117. [in Russian]

6. Zhmurov V. A., Oskolkov S. A., Kazeko N. I. Khronicheskii pielonefrit u zhitelei razlichnykh klimatogeograficheskikh regionov. Kliniko-biokhimicheskie i immunologicheskie aspekty [Chronic pyelonephritis in residents of different climatogeographic regions. Clinical-biochemical and immunological aspects]. Tyumen : Akademiya, 2006. 304 s. [in Russian]

7. Zaitsev A. N. Gigienicheskaya kharakteristika fakticheskogo pitaniya naseleniya Krainego Severa [Hygienic characteristic of actual nourishment of the Far North population] // Problemy Severa. Vyp. 14. Trud i zdorov'e cheloveka na Krainem Severe. M. : Nauka, 1970. S. 198–203. [in Russian]

8. Kaznacheev V. P. Mekhanizmy adaptatsii cheloveka v usloviyakh vysokikh shirot [Human adaptation mechanisms in high latitudes conditions]. L. : Meditsina, 1980. 200 s. [in Russian]

9. Korolenko Ts. P. Psikhofiziologiya cheloveka v ekstremal'nykh usloviyakh [Human psychophysiology in extreme conditions]. L. : Meditsina, 1978. 272 s. [in Russian]

10. Korolenko Ts. P., Bochkareva N. L. Osobennosti nekotorykh ekzogennykh intoksikatsii v usloviyakh Severa [Features of some exogenic intoxications in Northern conditions]. Novosibirsk, 1982. 120 s. [in Russian]

11. Kochetkova G. V. Sostoyanie gemokoagulyatsii u lits, prozhivayushchikh v raznykh naselennykh punktakh YaASSR [Clotting state in persons living in different settlements of the Yakut Autonomous Soviet Socialist Republic] // Biologicheskie problemy Severa. Ch. 3. Magadan, 1983. S. 108–109. [in Russian]

12. Kulikov V. Ju., Safronov I. D. Reakcii perekisnogo okisleniya lipidov pri adaptatsii indijskikh voennosluzhashchikh v rajonah Krainego Severa i posleduyushhej readaptatsii v tropikah [Reactions of free-radical oxidation in flights to the Arctic Circle] // Mediko-jekologicheskie aspekty adaptatsii zhitelej tropikov v Arktike (po materialam sovetsko-indijskogo eksperimenta). Novosibirsk : SO RAMN. 1994. T. 2. S. 230–257. [in Russian]

13. Leutin V. P., Nikolaeva E. N. Psikhofiziologicheskie mekhanizmy adaptatsii i funktsional'naya asimmetriya mozga [Psychophysiological mechanisms of adaptation and the brain functional asymmetry]. Novosibirsk : Nauka, 1988. 193 s. [in Russian]



14. *Nepomnyashchikh L. M., Lushnikova E. L., Semenov D. E.* Regeneratorno-plasticheskaya nedostatochnost' serdtsa: morfologicheskie osnovy i molekulyarnye mekhanizmy [Regeneration-plastic cardiac insufficiency: morphological principles and molecular mechanisms]. M. : Izd-vo RAMN, 2003. 255 s. [in Russian]

15. *Nepomnyashchikh L. M.* Regeneratorno-plasticheskaya nedostatochnost' serdtsa: molekulyarno-biologicheskie mekhanizmy i morfologicheskie osnovy [Regeneration-plastic cardiac insufficiency: molecular-biological mechanisms and morphological principles] // *Arkhiv patologii*. 2007. T. 65, N 3. S. 3–12. [in Russian]

16. *Pavlenko Yu. S.* Osobennosti vremennykh kharakteristik funktsii organizma cheloveka v usloviyakh ekologicheskogo neblagopoluchiya [Features of time characteristics of human body functions in conditions of ecological ill-being]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2003. 23 s. [in Russian]

17. *Panin L. E.* Biokhimicheskie mekhanizmy stressa [Stress biochemical mechanisms]. Novosibirsk : Nauka, 1983. 231 s. [in Russian]

18. *Sevast'yanova E. V., Khasnulin V. I.* Gendernye razlichiya ustoychivosti k prirodnym faktoram Sibiri v zavisimosti ot tipa funktsional'noi mezhpolutsharnoi asimmetrii [Gender differences in resistance of young siberians to natural factors depending on type of functional interhemispheric asymmetry] // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011. N 1. S. 14–18. [in Russian]

19. *Sobakin A. K.* Rabotosposobnost' vakhtovogo personala gazovykh promyslov v ekstremal'nykh ekologicheskikh usloviyakh Severa [Working ability of rotation personnel in gasfields in northern extreme ecological conditions]: avtoref. dis. ...kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2004. 30 s. [in Russian]

20. *Stepanov Yu. M.* Rol' funktsional'noi asimmetrii mozga v regulatsii psikhofiziologicheskogo sostoyaniya cheloveka pri adaptatsii k usloviyam Krainego Severa [Role of the brain functional asymmetry in regulation of human psychophysiological status during adaptation to the Far North conditions]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Novosibirsk, 1988. 23 s. [in Russian]

21. *Hasnulin V. I., Sobakin A. K., Hasnulin P. V., Bojko E. R.* Podhody k rajonirovaniyu territorij Rossii po usloviyam diskomfortnosti okruzhajushhej sredy dlja zhiznedejatel'nosti naseleniya [Approaches to classification of the Russian territories according to the conditions of environmental discomfort for population vital activity] // *Bulleten' SO RAMN*. 2005. N 3 (117). S. 106–111. [in Russian]

22. *Hasnulin V. I.* Vvedenie v polyarnuyu meditsinu [Introduction into Polar Medicine]. Novosibirsk : SO RAMN, 1998. 337 s. [in Russian]

23. *Hasnulin V. I., Hasnulina A. V., Chechetkina I. I.* Severnyi stress, formirovanie arterial'noi gipertenzii na Severe, podkhody k profilaktike i lecheniyu [The northern stress, arterial hypertension in the North, approach to prophylaxis and treatment] // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2009. N 6. S. 26–30. [in Russian]

24. *Hasnulina A. V., Hasnulin V. I., Kolosova O. A.* Nedostatochnost' adaptivnykh mekhanizmov i prezhderevennoe starenie cheloveka na Krainem Severe [Adaptive mechanisms insufficiency and human premature ageing in the Far North] // *Adaptatsiya cheloveka v razlichnykh klimato-*

*geograficheskikh i proizvodstvennykh usloviyakh*. Novosibirsk, 1981. T. 3. S. 87–88. [in Russian]

25. *Hasnulina A. V., Hasnulin V. I.* Vliyanie psikhoeemotsional'nogo stressa na adaptatsionno-vosstanovitel'nyi potentsial cheloveka v usloviyakh vakhtovogo truda na Severe [Effect of psychoemotional stress on human adaptive-regenerative potential under shift work conditions in the North] // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010. N 12. S. 18–22. [in Russian]

26. *Chechetkina I. I.* Osobennosti protsessov stareniya trudospobnogo naseleniya na Severe [Features of ageing processes of working population in the North] : avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Novosibirsk, 2007. 25 s. [in Russian]

27. *Shorin Yu. P., Lepelutto Yu.* Gormonal'noe obespechenie prisposobitel'nykh reaktsii v usloviyakh Severa [Hormonal provision of adaptive reactions in northern conditions] // *Klinicheskie aspekty polyarnoi meditsiny*. M. : Meditsina, 1986. S. 57–68. [in Russian]

28. *Boulos Z.* Seasonal Mood and Sleep Disorders at High Latitudes. Health and Social Problems of the Development of Oil and Gas Field in Arctic Regions. Nadya, Russia, 1993. P. 5.1–5.5.

29. *Jørgensen E. H., Vijayan M. M., Killie J.E., Aluru N., Aas-Hansen Ø., Maule A.* Toxicokinetics and effects of PCBs in Arctic fish: a review of studies on Arctic charr. *J. Toxicol Environ. Health*. 2006. Vol. 69(1-2). Pp. 37–52.

30. *Hasnulin V. I., Hasnulina A. V., Sevostyanova E. V.* Northern cardiometeopathies. Novosibirsk : Creative Union "South-West", 2004. 220 p.

31. *Hasnulin V. I.* Geophysical perturbations as the main cause of northern human stress. *Alaska Med*. 2007. Vol. 49 (2 Suppl.). P. 237–244.

## MODERN CONCEPTS OF THE MECHANISMS FORMING NORTHERN STRESS IN HUMANS IN HIGH LATITUDES

V. I. Hasnulin, P. V. Hasnulin

*Scientific Center of Clinical and Experimental Medicine  
Siberian Branch RAMS, Novosibirsk*

The extreme climatic and geographical northern conditions cause a human northern stress ("the polar tension syndrome"). The main components of this syndrome are an oxidative stress, failure of detoxication processes and barrier organs, disorders of the northern metabolism, the northern tissue hypoxia, immune insufficiency, blood hypercoagulation, polyendocrine disorders, regenerative and plastic failure, electromagnetic homeostasis disorders, functional dissymmetry of interhemispheric interrelations, desynchronosis, psychoemotional tension, meteopathia. It has been shown that chronic stress caused organism reserve exhaustion leading to development of some dysaptive disorders and pathological states.

**Keywords:** environmentally caused northern stress, adaptation of a man in the North

### Контактная информация:

*Хаснулин Вячеслав Иванович* — доктор медицинских наук, профессор, руководитель лаборатории механизмов дизадаптации Научного центра клинической и экспериментальной медицины Сибирского отделения РАМН

Адрес: 630090, г. Новосибирск, ул. Тимакова, д. 2  
E-mail: hasnulin@ngs.ru