

## АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Кашапова Р. А.

*ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа, Россия (450000, Уфа, ул. Октябрьской Революции, д.3а), e-mail: rafida62@bk.ru*

Адаптация организма животных к окружающей среде является одной из главных проблем физиологии. Изучение особенностей реализации механизмов срочной и долговременной совершенной адаптации дает истинное представление о характере и степени антропогенного загрязнения окружающей среды. Для этого необходимо удостовериться, достаточно ли физиологических возможностей организма для нейтрализации раздражающего действия химических загрязнителей путем реализации уже существующих звеньев приспособления или возникает необходимость в формировании новых адаптивных механизмов, и, каковы их конечные результаты. С этой целью нами была проведена сравнительная количественно-качественная оценка состава крови у животных, содержащихся в различных по степени химического загрязнения окружающей среды районах республики Башкортостан. Обнаружены особенности индивидуальной адаптации организма животных на воздействие химического загрязнения окружающей среды. Установлено, что взрослые особи быстрее адаптируются к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Показано, что растущий организм более чувствителен к неблагоприятному воздействию химических загрязнителей. Выявлены характер и особенности морфофункциональных сдвигов, вызванных воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды.

Ключевые слова: адаптация, деадаптация, неблагоприятные факторы окружающей среды, экотоксиканты, стресс-синдром, эритроциты, лейкоциты, тромбоциты.

## THE ADAPTATION OF THE ORGANISM IN CONDITIONS OF CHEMICAL CONTAMINATION OF LOW INTENSITY

Kashapova R. A.

*Bashkirian State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia (450000, Ufa, street Oktober Revolution, 3a), e-mail: rafida62@bk.ru*

Adaptation of animals to their environment is one of the main problems of physiology. The study of the peculiarities of implementation of mechanisms of urgent and long-term perfect adaptation gives a true representation of the nature and extent of anthropogenic pollution. For this it is necessary to ascertain whether the physiological capacity of the organism to neutralize the irritating effect of chemical pollutants through the implementation of existing links of the fixture or the necessity arises in the formation of new adaptive mechanisms, and what their final results. To this end, we conducted a comparative quantitative and qualitative assessment of the composition of the blood in animals, contained in different degrees of chemical pollution in districts of the Republic Bashkortostan. The characteristics of individual adaptation of animals to the effects of chemical pollution were discovered. It is established that adults are quicker to adapt to adverse environmental factors. It is shown that a developing organism is more sensitive to the adverse effects of chemical pollutants. The nature and characteristics of morphological and functional changes were identified which were caused by exposure to adverse environmental factors.

Keywords: adaptation, deadaptation, adverse environmental factors, toxicants, stress syndrome, erythrocytes, leukocytes, platelets.

С развитием новейших производственных технологий перед обществом возникли проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды. Химические вещества, используемые человеком в процессе производства, стали постоянно действующим фактором, влияющим на здоровье населения.

Загрязнения городских и сельскохозяйственных почв токсическими химическими веществами оказывают прямые последствия на здоровье человека, безопасность продуктов

питания и качество грунтовых вод. Основными источниками загрязнения почвы являются утечка химических веществ, оседание на почву присутствующих в воздухе загрязнителей, чрезмерное использование в сельском хозяйстве химикатов, неправильная тактика сбросов на землю жидких и твердых отходов.

Важнейшим звеном в обеспечении качества окружающей среды является наблюдение за ее состоянием, которое охватывает контроль не только источников загрязнения, но и исследования реакции биологических систем на эти воздействия. Поэтому, мониторинг, изучающий динамику и структуру популяции флоры и фауны, представляет собой результат длительного воздействия постоянно изменяющихся внешних факторов. В этой связи, для предупреждения нежелательных перемен в природных популяциях, может быть вполне приемлемым определение ранних сдвигов на уровне отдельных групп особей.

Исследование воздействия экотоксикантов на млекопитающих имеет важное природоохранительное значение. Этот класс животных играет существенную роль в биоценологических процессах всех наземных биоценозов, в первую очередь, своим влиянием на другие компоненты экосистемы. Таким требованиям отвечают гематологические исследования. Особенностью крови как функциональной системы является то, что она объединяет работу многих физиологических систем организма.

Оценка реакции организма на экстремальные воздействия – одна из важнейших задач, стоящих перед биологической наукой. Изучение непосредственного эффекта и последствий экстремальных влияний находится в тесной связи с исследованием устойчивости человека и животных к необычным факторам среды.

При оценке результатов воздействия факторов внешней среды на организм необходимо четко разграничивать физиологическую адаптацию и этапы ее течения от компенсации. Только на такой методологической основе можно обосновать предельно допустимые нормы какого-либо неблагоприятного фактора окружающей среды. Критериями процесса адаптации должны быть: состояние напряжения, обратимость основных функций организма, и состояние полноценного функционирования организма в целом. При использовании этих критериев необходимо учитывать состояние ведущих приспособительных систем – центральной нервной, гипофиз-адреналовой и симпатико-адреналовой [3, 5, 6].

Следовательно, при рассмотрении фенотипической адаптации следует иметь в виду, что до начала действия фактора, к которому происходит адаптация, в организме нет готового механизма, обеспечивающего совершенное и законченное приспособление, имеются только генетически детерминированные предпосылки для формирования такого механизма. Если фактор не подействовал, то адаптивный механизм остается несформированным. Генетическая программа организма предусматривает не заранее сформировавшуюся

адаптацию, а возможность ее реализации под влиянием среды. Это обеспечивает реализацию только тех адаптационных реакций, которые жизненно необходимы, и тем самым совершается экономное, направляемое средой расходование энергетических и структурных ресурсов организма [4].

Объективная оценка последствий химического воздействия на состояние крови может быть основана при учете динамики адаптивных механизмов организма. В связи с этим, очень важен анализ гематологических сдвигов, обусловленных действием химических факторов, выявление особенностей фенотипической адаптации и характера участия доминирующих и второстепенных функциональных систем.

Загрязнение окружающей среды крупного промышленного города, каковым является г. Уфа, естественно, распространяется и на его окраины в зависимости от ряда факторов, в том числе от расстояния и границ города, а также основных направлений перемещения воздушных масс. Изучение состояния биоценозов и агробиоценозов, находящихся в этих местностях, имеет теоретическое и практическое значение. Под понятием «состояние» агробиоценозов, на наш взгляд, следует понимать видовую адаптацию к конкретным условиям существования. Одним из компонентов видовой адаптации является индивидуальная (фенотипическая) адаптация.

Экологический мониторинг предполагает всесторонний анализ параметров наблюдаемых объектов. В то же время широко практикуется тестирование с помощью наиболее информативных показателей состояния организма. Как нам кажется, тест-объект должен иметь низкий порог чувствительности, отражать состояние физиологического гомеостаза, а в методическом плане, позволять вести наблюдение без умерщвления животного, в динамике, так как разовое исследование уступает по достоверности повторным опытам проводимых на одних и тех же животных. Кроме того, возможность повторного исследования позволяет выявить особенности индивидуальной адаптации или деадаптации. На наш взгляд, наиболее чувствительной в диагностическом плане, отвечающей этим требованиям, является система крови.

Исходя из этого, нами предпринято изучение количественных показателей форменных элементов периферической крови, с целью выявления характера адаптивной реакции млекопитающих на комплексное влияние химических факторов малой интенсивности окружающей среды. Одновременно с этим полученные гематологические показатели могут успешно использоваться в качестве биологической индикации химического загрязнения окружающей среды. В соответствии с задачами исследования, нами проведен биологический мониторинг для выявления реакции показателей крови кроликов, содержащихся в различных по степени химического загрязнения районах РБ.

Оценка химического загрязнения районов исследования проводилась по валовому объему выбросов вредных веществ в год (тыс.т.). По этому показателю выделяются 4 группы сельских районов республики Башкортостан: в 1 группе выбросы составляют до 1 тыс.т./год, во 2 группе – 1–3 тыс.т./год, в 3 группе – 3–10 тыс.т./год, в 4 группе – 10–25 тыс.т./год [1].

Для исследования отобраны: поселок Цех Керамики Благовещенского района, расположенный в 7 км к северу от нефтеперерабатывающего комплекса г. Уфы, который согласно Государственному докладу «О состоянии окружающей природной среды республики Башкортостан» [1] оценивается как район интенсивного загрязнения (ИЗР), Кабаково Кармаскалинского района, расположенный в 20 км к югу от г.Уфы. Район поселок оценивается как умеренно загрязненный (УЗР), где суммарный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составляет 3–10 тыс.т/год, поселок Горный Чишминского района, расположенный в 60 км к западу от г.Уфы. Исходя из особенностей воздушного переноса, данный жилой массив оценивается как относительно экологически благоприятный район (ОЧР). Суммарный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составляет 1–3 тыс. т/год.

В нашей работе была использована методика гематологической индикации состояния млекопитающих в качестве одного из компонентов экологического мониторинга. Материалы, используемые в качестве биоиндикаторов, нуждаются в проверке на предмет их адекватной информативности. Поэтому мы нашли целесообразным обосновать используемые биологические тесты, как соответствующие задачам нашего исследования [2].

Млекопитающие являются достаточно высокоорганизованными среди обитателей биоценозов. Их организм тонко воспринимает изменения основных параметров природного окружения и соответствующе реагирует на них.

В биологической индикации очень важен выбор методов исследования. Необходимым условием является низкий порог чувствительности изучаемых показателей. Таким требованиям вполне отвечает система крови, которая кроме достаточно низкого порога реакции на дефицит кислорода в организме, нарушение физиологического гомеостаза, занимает одно из центральных мест в общем адаптационном синдроме. Как часть иммунной системы, она осуществляет тканевую регуляцию и тем самым, наиболее ярко отражает состояние физиологической и репаративной регенерации. По своим анатомо-физиологическим особенностям кровь удобна для использования в качестве биологического материала при динамических наблюдениях [7].

Биологическая индикация загрязнения окружающей среды в республике Башкортостан осуществлялась выборочно по гематологическим показателям у кроликов, содержащихся в различных по степени химического загрязнения районах республики. При этом выявлялось

общетоксическое действие и мутагенный эффект химических загрязнителей окружающей среды.

Систему крови в эксперименте следует расценивать в качестве мишени в условиях действия химического загрязнения окружающей среды, а сдвиги в показателях красной крови можно использовать для изучения динамики индивидуальной адаптации организма. Изменения белой крови, очевидно, связаны со стресс-синдромом, являющимся одним из рычагов в механизме развития индивидуальной адаптации. Следовательно, количественно-качественные показатели состояния эритроцитов и лейкоцитов позволяют оценивать темпы и динамику формирования долговременной и устойчивой адаптации либо развития состояния деадаптации. В то же время сдвиги со стороны тромбопоэтической системы позволяют судить о состоянии органов и систем, имеющих не прямое, а опосредованное отношение к компенсаторной реакции организма, испытывающих перераспределительное влияние в реализации механизмов индивидуальной адаптации в пользу доминирующих функциональных систем. Вследствие усиления процессов атрофии структур форменных элементов крови развивается состояние детренированности и снижение функционального резерва этих систем [2, 3, 7].

Пребывание животных в ИЗР сопровождалось выраженными сдвигами со стороны состава красной крови, уже на 15-е сут. от начала исследования наблюдалась эритроцитопения. Повышение функции эритрона, как ответной реакции организма на негативное воздействие окружающей среды, приводило вначале к усилению эритролизиса, а в последующем и к повышению эритроцитопоеза, однако, чрезмерное повышение функциональной нагрузки на эритрон обуславливало преобладание темпов эритролизиса над эритроцитопоезом, а в результате компенсаторного повреждения наступала эритроцитопения. Параллельное уменьшение концентрации гемоглобина в эритроцитах, по-видимому, явилось следствием прямого или опосредованного ингибирующего действия химического загрязнения окружающей среды. Следует полагать, что механизмы срочной адаптации, очевидно, не могли обеспечивать необходимую компенсацию. Одновременно в составе периферической крови в условиях натурных исследований в ИЗР в этот же срок отмечалось повышение концентрации эритроцитов с микронуклеолами, что указывало на мутагенный эффект химического загрязнения. Усиление мутации в хромосомном аппарате, вероятно, отражает динамику перераспределительного процесса и реализацию адаптивного механизма на генетическом уровне.

Изучение показателей белой крови на 15-е сут. пребывания животных в ИЗР также выявило определенные сдвиги. Отмечаемый при этом псевдоэозинофильный лейкоцитоз отражал стресс-синдром, как неспецифическую реакцию организма на химическое

воздействие. Снижение иммунной функции, с одной стороны, тромбоцитопения и увеличение времени свертывания крови, с другой, вероятно, явились результатом реализации перераспределительного процесса в формировании структурного адаптивного следа в пользу интенсивно функционирующих систем энергообеспечения. На 30-е сут. исследований у животных, содержащихся в ИЗР, концентрация гемоглобина в эритроцитах находилась примерно на исходном значении. Регенеративные сдвиги в эритроците почти исчезли, количество лейкоцитов снизилось по сравнению с предыдущим сроком исследования, и приблизились к исходным показателям. Все эти признаки указывают на ослабление стресс-синдрома в результате формирования структурного следа устойчивой долговременной адаптации организма к непрерывному действию негативных факторов окружающей среды.

Однако в последующие сроки (60-е, 90-е сут.) исследования в ИЗР число эритроцитов и концентрация гемоглобина уменьшились, а регенеративные признаки в показателях микроядерного теста повысились. В совокупности, перечисленные гематологические сдвиги отражали развитие в организме деадаптации в результате «локального истощения» интенсивно функционирующих систем в условиях неадекватного, по своей силе и продолжительности действия химических факторов окружающей среды по отношению к адаптивным возможностям организма. Вновь возникли признаки стресс-синдрома со стороны белой крови (псевдоэозинофильный лейкоцитоз) вследствие усиления регенеративного процесса. Параллельно наблюдалась тромбоцитопения и увеличение времени свертывания крови, что, очевидно, явилось также результатом воздействия химического загрязнения окружающей среды на организм животных.

Таким образом, чрезмерная по своей напряженности адаптация к химическим факторам и относительно продолжительное время ее успешного течения, имела, тем не менее, высокую «структурную цену» и включала в себя, по меньшей мере, две потенциальные опасности. Во-первых, возможность функционального и структурного истощения системы доминирующей в адаптационной реакции, в частности, эритрона. Во-вторых, снижение структурного и функционального резерва других систем, которые непосредственно не участвовали в адаптивной реакции (например, лейкоцитарная и тромбоцитарная системы) и оказались детренированными.

Анализ данных, полученных у животных, содержащихся в УЗР, выявил иную динамику индивидуальной адаптации. Так, на 15-е сутки исследования существенных изменений со стороны количества эритроцитов и других регенеративных показателей в красной крови не отмечалось. Это, вероятно, являлось результатом реализации механизма срочной адаптации. Однако дальнейшее пребывание животных в условиях химического загрязнения обуславливало заметные негативные сдвиги. На 30-е сутки исследований наблюдалась

эритроцитопения, усиление регенеративных признаков в эритроцитах с преобладанием процесса эритролизиса над эритроцитопозом. В то же время были отмечены и некоторые сдвиги, отражающие процессы развития устойчивой адаптации, также как повышение концентрации гемоглобина в эритроците и среднего объема эритроцита. Однако эти адаптивные сдвиги в эритроците, вероятно, не могли изменить общую картину периферической крови и нивелировать компенсаторные повреждения в эритроците. В последующие сроки опыта, особенно на 90-е сутки, почти во всех гематологических показателях, в том числе и в концентрации гемоглобина, наблюдались отрицательные сдвиги, указывающие на ограничение развития долговременной адаптации. Проявляемая при этом эритроцитопения, с признаком компенсаторного повреждения, свидетельствовала о характере химического загрязнения, не позволяющего реализации механизма индивидуальной адаптации путем формирования системного структурного следа. Изменения со стороны белой крови на 30, 60, 90-е сутки исследования (псевдоэозинофильный лейкоцитоз), указывали на присутствие в эти сроки стресс-синдрома, также на лимитированное развитие устойчивой долговременной адаптации. Тромбоцитопения, усиление регенеративного процесса в тромбоцитопоэтической системе, увеличение времени свертывания крови, очевидно, являлись отражением детренированности тех функциональных систем, которые не принимали непосредственного участия в компенсаторных процессах в условиях химического загрязнения окружающей среды.

Таким образом, в интенсивно загрязненном районе прослеживался процесс компенсаторного повреждения (15-е сут.), формирование долговременной устойчивой адаптации (30-е сут.) и, наконец, деадаптации (60–90-е сут.) вследствие «локального истощения» доминирующих систем, ответственных за энергообеспечение и перераспределительное снижение структурного и, соответственно, функционального резервов систем, непосредственно не участвующих в реализации адаптивных механизмов. При содержании животных в умеренно загрязненном районе нами не были отмечены признаки формирования полной долговременной устойчивой адаптации. Наблюдаемые некоторые положительные сдвиги в показателях (30-е сут.), вероятно, отражали состояние переходного этапа от срочной адаптации к долговременной, когда начиналось частичное формирование структурного адаптационного следа. Однако отсутствие полноценного системного следа адаптации в этот срок в условиях продолжающегося химического воздействия явилось причиной компенсаторного повреждения «стресс-синдрома». Отрицательные сдвиги в показателях крови в процессе последующих наблюдений указывали на лимитирование процесса реализации долговременной устойчивой адаптации [2, 7].

Резюмируя приведенные выше данные, следует подчеркнуть индикаторное значение

трех компонентов периферической крови (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов), в процессе фенотипической адаптации организма к условиям пребывания животных в умеренно и интенсивно загрязненных районах республики Башкортостан.

### Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды в РБ в 2012 г. – Уфа, 2013.
2. Кашапова Р. А. Гематологические показатели у кроликов, содержащихся в условиях загрязнения окружающей среды: дис. ... канд. биол. наук. — Казань, 2007. — С. 47-51.
3. Кашапова Р. А. Показатели крови млекопитающих, содержащихся в условиях загрязнения окружающей среды в сельской местности: – Уфа: изд. БГМУ, – 2013. – 163 с.
4. Ломов О. П. Гигиенические аспекты адаптации организма к факторам окружающей среды // Воен. мед. журнал. – 1983. – № 6. – С. 43-46.
5. Меерсон Ф. З. Адаптационная медицина. Концепция долговременной адаптации: – М.: Дело, 1993. – С. 138.
6. Сидорин Г. И. Современные представления об адаптации в свете учения Лазарева Н.В. // Токсикологический вестник. – 1995. – № 5. – С. 20-26.
7. Хисамов Э. Н. Биологическая индикация химического загрязнения окружающей среды. – Уфа: изд. БГПУ, – 2012. – 265 с.
8. Шерман Д. М. О терминологии и сущности защитных реакций организма на внешние воздействия. Влияние на стрессовые состояния // Патология, физиология и экспериментальная терапия. – 1989. – № 6. – С. 81-83.

### Рецензенты:

Лобанов С.А., д.м.н., профессор кафедры охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», г. Уфа;

Хисамов Э.Н., д.б.н., профессор кафедры патологической физиологии ГБОУ ВПО «Башкирский государственный медицинский университет Росздрава», г. Уфа.