

*ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ*

Кафедра физики

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ЭРИТРОЦИТОВ  
КРОВИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ  
В НОРМЕ И ПРИ НЕКОТОРЫХ  
ЭНДОГЕННЫХ И  
ЭКЗОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ НА  
ОРГАНИЗМ.**

Оренбург - 2003

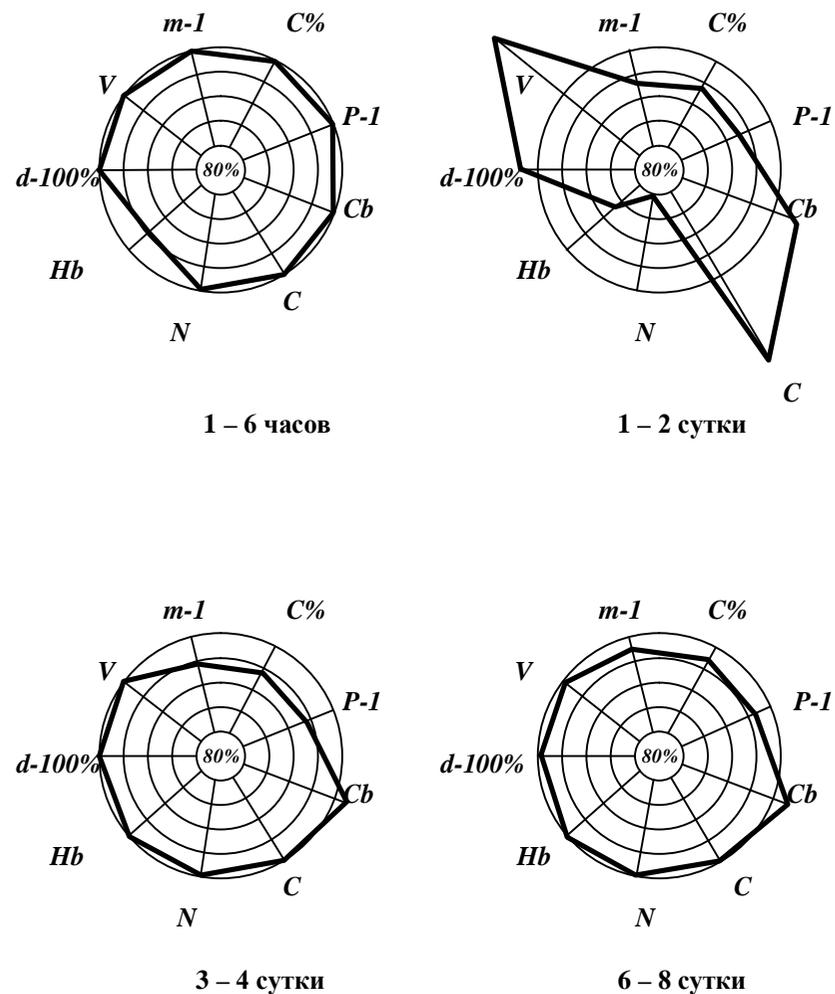
Одобрено и рекомендовано к печати методической комиссией факультета ветеринарной медицины и биотехнологии.

Составители: Комарова Н.К. доктор сельскохозяйственных наук;  
Свиридова Т.Г. кандидат биологических наук;  
Степовик Л.В. кандидат биологических наук;  
Хайруллина А.Б. кандидат биологических наук.

#### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ РАБОТ**

1. Хайруллина А.Б., Степовик Л.В., Воронцов В.А. Опыт клинического применения метода спектра мутности для получения дополнительной информации о физико-химических свойствах эритроцитов. Лабораторное дело. – 1981, №2 – с. 127-128.
2. Свиридова Т.Г., Воронцов В.А., Хайруллина А.Б., Степовик Л.В., Ткаченко Г.Б., Рябов Б.Д. Изменение физико-химических свойств эритроцитов при некоторых опухолевых заболеваниях. Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 1983, №6, с. 3-5.
3. Степовик Л.В., Воронцов В.А., Хайруллина А.Б. Физико-химические свойства эритроцитов крупного рогатого скота. Ветеринария. – 1985, №2, с. 66.
4. Свиридова Т.Г., Воронцов В.А., Ортман Р.А., Жуков А.П. Физико-химические свойства эритроцитов периферической крови при некоторых экзогенных воздействиях на организм. Механизмы физиологических функций: Тезисы докладов к I съезду физиологов Уральского региона. – Уфа, 1986, с. 156-158.
5. Свиридова Т.Г., Воронцов В.А., Хайруллина А.Б., Степовик Л.В., Жуков А.П. Действие электростимуляции на физико-химические свойства эритроцитов животных. Ветеринария, - 1990, №3, с. 56-58.
6. Свиридова Т.Г., Воронцов В.А., Хайруллина А.Б., Степовик Л.В., Злобин А.П. Физико-химические свойства эритроцитов крыс с асцитной гепатомой Зайделя. Экспериментальная онкология. Деп. в ВИНТИ 20.08.90, №4703-В90.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов и аспирантов факультета ветеринарной медицины и биотехнологии.



**Рис.5.** Физико-химические свойства эритроцитов после однократного введения сульфамометоксина в дозе 0,5 г/кг.

### **Введение.**

Современная экологическая обстановка, связанная с бурным развитием химии, применением искусственных материалов, лекарственных средств, существенно увеличивает опасность возникновения различных интоксикаций, профессиональных и бытовых отравлений, в клинической картине которых существенное значение имеют изменения крови. С давних пор кровь используется как незаменимый источник информации о процессах, протекающих в организме человека и животных. Клиницисты, физиологи и генетики, базируясь на результатах исследования крови, разрабатывают методы диагностики, оценки физиологического состояния и селекции животных.

Среди форменных элементов крови особое место занимают эритроциты. В общей сложности каждый эритроцит выполняет огромное количество функций, но к сожалению, до настоящего времени нет единства взглядов на структуру и физико-химические свойства эритроцитов т.к. методы исследования крови значительно отстали от современных требований науки и практики. Существующие методы не охватывают всех аспектов био-физико-химических свойств эритроцитов. Многие из них требуют сложного оборудования и длительного времени и при этом дают ограниченную информацию.

Всё это послужило причиной достаточно широкого внедрения в различные сферы медицинских и биологических исследований оптических методов, среди которых наибольшего внимания заслуживает метод исследования эритроцитов по светорассеянию (А.Б.Хайруллина, 1983; Л.В.Степовик, 1986; Т.Г.Свиридова, 1992).

Этот метод, являющийся технически доступным, позволяет получить не только традиционно определяемые в клинической и лабораторной практике концентрацию эритроцитов (*N*) и концентрацию гемоглобина (*Hb*) в крови, но и целый ряд дополнительных показателей, характеризующих физико-химические свойства эритроцитов, а именно: относительный (*m*) и абсолютный (?) показатель преломления эритроцитов; среднее содержание сухих веществ в эритроците (*C*); содержание воды в эритроците (*Cb*); концентрация сухих веществ, содержащихся в одном эритроците (*C%*); плотность эритроцита (*P*) и его объём (*V*).

Целью настоящей работы явилось изучение физико-химических свойств эритроцитов крови животных и человека в норме и патологии.

Для достижения этой цели с помощью метода исследования эритроцитов по светорассеянию были решены следующие задачи:

1. Изучены физико-химические свойства эритроцитов сельскохозяйственных и лабораторных животных и человека.
2. Получены комплексные оценки состояния физико-химических свойств эритроцитов при различных заболеваниях.
3. Выявлены закономерности изменения физико-химических свойств эритроцитов при действии на организм экзогенных факторов физической и химической природы.

Исследования проводились по методике, подробно описанной в работе А.Б.Хайруллиной, Л.В.Степовик, В.А.Воронцова, 1981, Лабораторное дело, №2.

## II. Физико-химические свойства эритроцитов сельскохозяйственных и лабораторных животных и человека.

Комплексное исследование физико-химических свойств эритроцитов крови проводилось у человека и девяти видов половозрелых, клинически здоровых животных: коров красной степной породы, лошадей русской рысистой породы, коз Оренбургской пуховой породы, крыс линии Вистар, кроликов породы Шиншилла, а также беспородных кошек и собак.

Проведённые исследования показали, что для каждого вида сельскохозяйственных животных характерны свои величины основных параметров физико-химических свойств эритроцитов периферической крови (таб.1).

В то же время ряд этих показателей для каждого вида животных относительно стабилен. Наиболее стабильными являются относительный и абсолютный показатели преломления эритроцитов, а также их плотность. Несколько менее постоянными были содержание воды в эритроците, концентрация в них сухого вещества и диаметр эритроцитов.

В отличие от этого содержание сухих веществ в эритроците, их объём, концентрация эритроцитов и гемоглобина в крови колебались в широких пределах и в значительной степени зависели от индивидуальных особенностей организма.

и плотной фаз в эритроцитах. Следует отметить, что такие наиболее часто используемые в клиниках и лабораториях показатели как концентрация эритроцитов и гемоглобина в крови и здесь оказались наименее информативными. Таким образом, изменения физико-химических свойств эритроцитов периферической крови могут служить чувствительным тестом влияния экзогенных факторов различной природы, действующих на целостный организм.

Все проведённые исследования наглядно демонстрируют перспективность использования метода исследования эритроцитов по светорассеянию для комплексной оценки состояния эритрона в норме и при патологии.

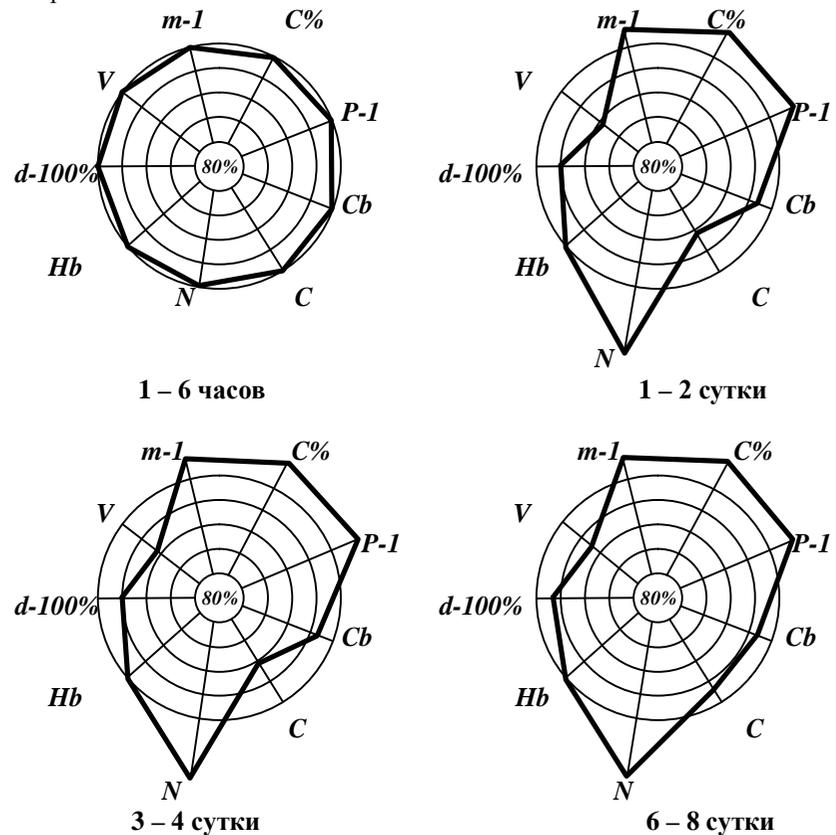
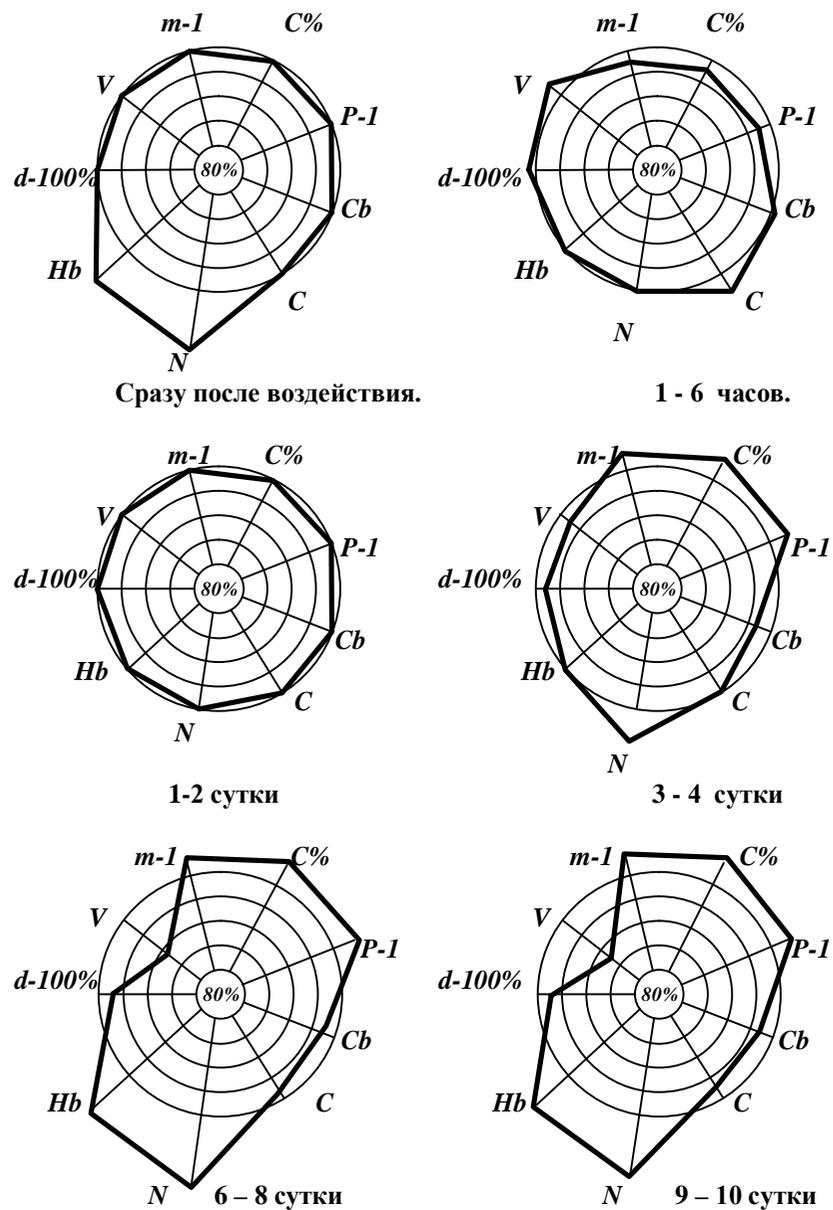


Рис.4. Физико-химические свойства эритроцитов после однократного введения сульфамометоксина в дозе 0,05 г/кг



**Рис.3.** Физико-химические свойства эритроцитов после электростимуляции.

**Показатели некоторых физико-химических свойств эритроцитов периферической крови здоровых сельскохозяйственных животных ( $X \pm S$ )**

**Таблица №1**

Вид Животных	Данные, определённые по спектру мутности									
	$d$	$V$	$m$	Относительный показатель преломления эритроцитов ( $\lambda=805$ нм)	Концентрация эритроцитов в крови ( $10^{12}/л$ )	Концентрация сухих веществ в эритроците (% на 100мл)	Содержание сухого вещества в эритроците (пг)	Концентрация гемоглобина в крови (г %)	Содержание воды в эритроците (%)	Абсолютный показатель преломления эритроцитов ( $\lambda=805$ нм)
Корова	4,08±0,03	35,51±0,82	1,07±0,001	6,10±0,13	45,88±0,44	16,16±0,29	9,85±0,27	65,59±0,33	1,432±0,001	1,115±0,001
Свинья	4,13±0,04	36,97±1,05	1,07±0,001	5,86±0,20	45,03±0,44	6,59±0,43	9,70±0,35	66,22±0,33	1,430±0,001	1,112±0,001
Лошадь	3,75±0,04	27,63±0,85	1,08±0,001	6,82±0,27	53,20±0,33	14,70±0,22	10,05±0,46	60,10±0,24	1,448±0,001	1,133±0,001
Овца	3,41±0,03	20,84±0,54	1,08±0,001	8,82±0,18	49,93±0,33	10,39±0,26	9,17±0,20	62,55±0,25	1,441±0,001	1,125±0,001
Коза	2,63±0,02	9,56±0,24	1,08±0,001	16,11±0,46	52,99±0,40	5,07±0,13	8,20±0,24	60,26±0,30	1,448±0,001	1,133±0,001

Таким образом, наиболее распространённые в ветеринарии для характеристики эритрона показатели оказались наименее постоянными, что, естественно, снижает их ценность как нормативных величин.

Были обнаружены также существенные видовые особенности физико-химических свойств эритроцитов коровы, овцы и свиньи по 9 показателям, а различия между эритроцитами коровы и овцы, коровы и козы, свиньи и козы, овцы и козы обнаружены по всем 10 показателям. Лишь физико-химические свойства эритроцитов коровы и свиньи оказались практически идентичными.

При этом неидентичны не только количество различающихся параметров, но и степень выраженности различий каждого показателя.

Более вариабельными оказались величины относительного и абсолютного показателей преломления эритроцитов, содержания воды и сухого вещества в них. Эти показатели не отличались лишь у лошади и козы, а также коровы и свиньи.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что для эритроцитов каждого вида сельскохозяйственных животных характерны специфические особенности их физико-химических свойств.

Не менее актуальным является уточнение некоторых гематологических показателей лабораторных животных, поскольку разработка многих вопросов теоретической и практической медицины и биологии базируется на результатах экспериментов, проводимых на лабораторных животных.

Развёрнутая характеристика физико-химических свойств эритроцитов периферической крови лабораторных животных и человека представлена в таблице 2.

У всех изученных видов лабораторных, также как и у сельскохозяйственных животных, те гематологические показатели, которые чаще всего используются для характеристики состояния эритрона ( $N$ ;  $Hb$ ;  $V$ ), являются наименее стабильными, что необходимо учитывать при анализе изменений функционального состояния эритрона в экспериментальных и клинических условиях.

С другой стороны, по своим параметрам эритроциты исследованных животных между собой существенно различаются. В частности, эритроциты кошки отличаются от эритроцитов крысы и

достоверное увеличение показателя преломления и плотности эритроцитов, уменьшение концентрации воды, средних диаметра и объёма, а на 8 – 9 сутки эксперимента регистрируется также уменьшение количества гемоглобина в одном эритроците.

Анализ полученных данных, таким образом, свидетельствует о неодинаковой информативности изучаемых показателей в различные сроки после воздействия. Так, сразу после электростимуляции индикатором реакции эритрона могут служить только количественные сдвиги в популяции эритроцитов – увеличение концентрации эритроцитов и гемоглобина в крови. В более поздние сроки (4 – 7 суток), когда отмечаются чёткие признаки стимуляции эритрона, характерным является сочетание сдвигов физико-химических свойств эритроцитов с возрастанием их числа в единице объёма крови.

Динамика сдвигов в популяции эритроцитов периферической крови после воздействия химического фактора (сульфамонетоксина) характеризуется существенными первоначальными изменениями физико-химических свойств эритроцитов с последующей постепенной нормализацией. Выраженность и характер развивающихся изменений зависит от интенсивности воздействия (дозы препарата).

Так, через 24 часа после введения препарата в дозе 0,05г/кг отмечалось уменьшение размеров эритроцитов. Одновременно регистрировалось снижение содержания гемоглобина в одном эритроците, обусловленное, по-видимому, микроцитозом, так как концентрация сухих веществ в эритроците в это время не только уменьшена, но, напротив, проявляет тенденцию к увеличению, приобретающую достоверный характер ко вторым суткам (рис.4).

Характерный для вторых суток сдвиг морфофункциональных свойств эритроцитов оказывается устойчивым и сохраняется до конца срока наблюдения. Напротив, повышение концентрации эритроцитов в крови не является столь стабильным феноменом и в отдельные сроки (3,4,5 сутки) не регистрируется. Ещё менее информативным показателем оказалась концентрация гемоглобина в крови, так как её значение на всём протяжении эксперимента не отличается от уровня фона.

Введение сульфамонетоксина в дозе 0,5 г/кг вызывает иные и в известном отношении противоположные сдвиги физико-химических свойств эритроцитов (рис.5). Однако, как и при введении сульфамонетоксина в дозе 0,05 г/кг, в данном случае наиболее характерными и устойчивыми являются сдвиги в соотношении жидкой

**IV. Физико-химические свойства эритроцитов при действии на организм экзогенных факторов физической и химической природы.**

Имеющиеся в литературе отдельные работы содержат указания на способность эритроцитов периферической крови биологических объектов реагировать изменением своих свойств при действии на организм различных экзогенных факторов. Вместе с тем, изучение возникающих изменений проводилось либо с использованием различных методов, либо предметом исследования становились лишь отдельные параметры физико-химических свойств эритроцитов, тогда как сведений о наиболее информативных показателях при действии физических и химических факторов практически нет.

Из огромного числа разнообразных экзогенных факторов, оказывающих воздействие на организм в норме и патологии, нами были использованы часто применяемые в лечебных и профилактических целях – электростимуляция и введение сульфамонотоксина.

Электростимуляция осуществлялась П-образным импульсным током от аппарата ГИ-1, с частотой 100Гц, в режиме 10-минутной электроаналгезии. Electroды накладывались биаурикулярно, под них помещались прокладки, смоченные 1%-ным раствором хлористого натрия. Ток, превышающий рабочие параметры по мощности в 1,5 – 2 раза, подавался на животное толчком до остановки дыхания, а через 10-15 с сила тока уменьшалась до рабочих параметров. Рабочая сила тока подбиралась индивидуально и варьировала в пределах от 21 мА до 42 мА. Сульфамонотоксин вводился перорально; животным одной группы в дозе 0,05г/кг, животным второй группы – в дозе 0,5г/кг.

Как показали проведённые исследования, реакция эритроцитов периферической крови на воздействие физического фактора электростимуляции имеет двухфазный характер. Первоначальная кратковременная стресс-реакция выражается в увеличении концентрации гемоглобина и эритроцитов в крови без существенной модификации их морфофункциональных свойств (рис.3).

В отличие от этого следовая реакция, проявляющаяся на четвёртые сутки после воздействия, характеризуется приростом популяции эритроцитов, обладающих определёнными качественными особенностями. Так, начиная с четвёртых суток, отмечается

Вид Животных	Средний диаметр эритроцитов, мкм	Средний объем эритроцитов, мкм <sup>3</sup>	Показатели некоторых физико-химических свойств эритроцитов периферической крови здоровых лабораторных животных ( $X \pm S$ ) и человека .								
			<i>d</i>	<i>V</i>	<i>m</i>	Концентрация эритроцитов в крови (10 <sup>12</sup> /л)	Концентрация сухих веществ в эритроците (% г на 100мл)	Содержание сухого вещества в эритроците (пг)	Концентрация гемоглобина в крови (г %)	Содержание воды в эритроците (%)	Абсолютный показатель преломления эритроцитов ( $\lambda=805\text{нм}$ )
Кролик	4,47±0,06	47,40±1,88	1,068±0,001	4,66±0,14	41,41±0,22	19,55±0,74	9,09±0,27	68,95±0,33	1,422±0,001	1,104±0,001	
Крыса	4,60±0,04	51,20±1,43	1,070±0,001	4,53±0,13	42,28±0,47	21,52±0,44	9,67±0,22	68,29±0,35	1,424±0,001	1,106±0,001	
Собака	4,51±0,05	48,34±1,60	1,070±0,001	5,73±0,17	42,43±0,54	20,46±0,62	11,65±0,32	68,18±0,44	1,424±0,001	1,106±0,001	
Кошка	3,84±0,04	29,76±0,95	1,082±0,001	6,84±0,26	49,48±0,47	14,71±0,47	9,83±0,25	62,89±0,35	1,440±0,001	1,124±0,001	
Человек	4,95±0,01	63,30±0,20	1,071±0,001	4,70±0,20	42,60±0,20	27,00±0,20	12,80±0,20	68,20±0,05	1,426±0,001	1,106±0,001	

кролика по 9 показателям, а от эритроцитов собаки по 10 показателям. В меньшей степени отличаются эритроциты кролика и крысы от эритроцитов собаки. В ещё меньшей степени различаются физико-химические свойства эритроцитов кролика и крысы.

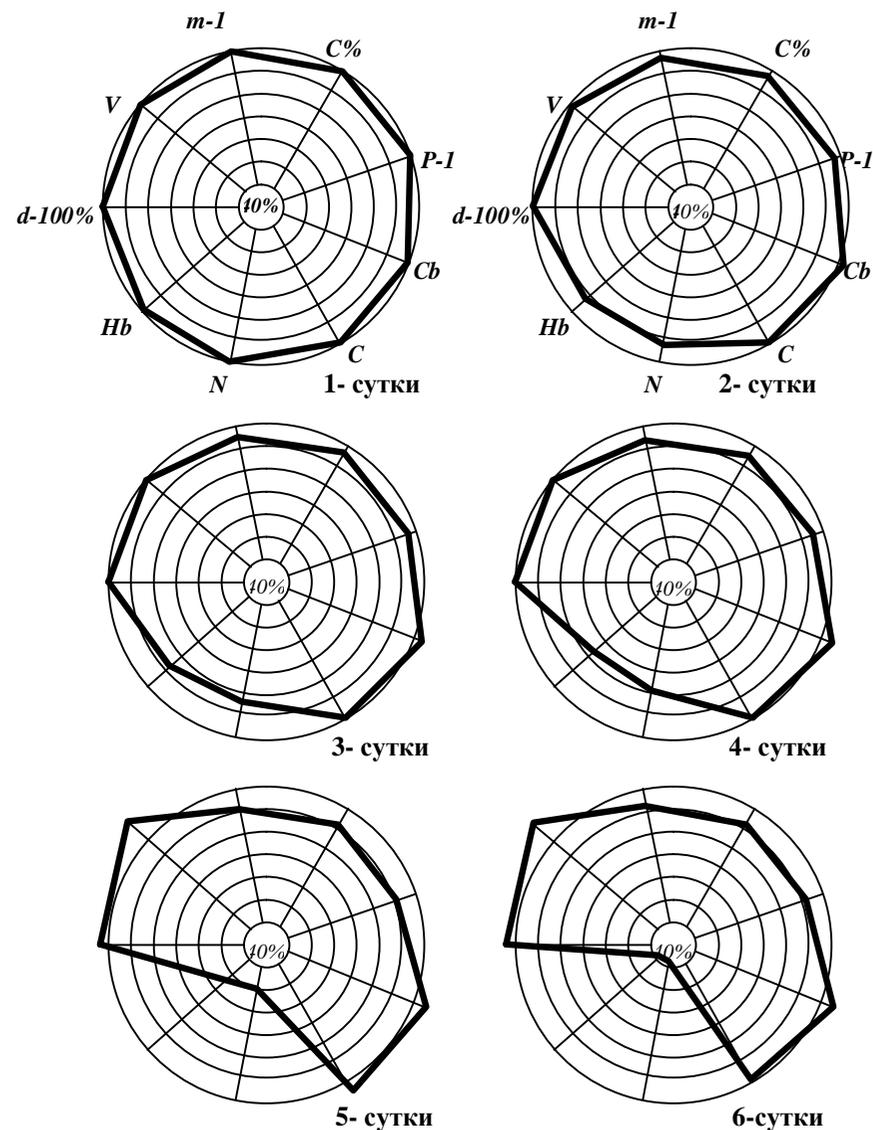
Существенные различия абсолютных величин параметров физико-химических свойств эритроцитов позволяет считать, что видимо, по своим функциональным свойствам эритроциты разных лабораторных животных не идентичны.

Анализ всего объёма полученных данных показал, что для эритроцитов каждого вида животных характерны свои особенности их сочетания, позволяющие говорить о специфичности эритроцитов каждого вида животных. При этом, не смотря на то, что все изученные виды животных относятся к одному классу млекопитающих различия в показателях, характеризующих 10 основных параметров каждого вида животных, оказались достаточно существенными. При этом наиболее выраженными оказались различия таких, впервые определённых для сельскохозяйственных и лабораторных животных, параметров как относительный и абсолютный показатели преломления эритроцитов и их плотность, что позволяет использовать эти показатели для идентификации как эритроцитов конкретного вида животных, так и для определения функциональных свойств эритроцитов периферической крови в пределах одного и того же вида животных.

### **III. Физико-химические свойства эритроцитов при различных заболеваниях.**

Хорошо известно, что количественные и качественные изменения лейкоцитов и скорости оседания эритроцитов являются наиболее распространёнными показателями наличия воспалительного процесса в организме, в отличие от этого изменения физико-химических свойств эритроцитов практически не используются в клинической лабораторной практике при анализе крови больных с воспалительными процессами. В связи с этим предпринята попытка провести оценку некоторых физико-химических свойств эритроцитов с привлечением метода «спектра мутности».

С этой целью были обследованы группа людей, страдающих заболеваниями воспалительного характера: нефрита - 12 человек; пневмонии - 12 человек; холецистита - 12 человек; гастрит с



**Рис.2.** Физико-химические свойства эритроцитов крыс в динамике развития асцитной гепатомы Зейделя.

изменения, носящие в определённой степени специфический характер, что позволяет использовать эти данные в качестве дополнительного теста при диагностике опухолевых заболеваний. (По результатам этой части работы получено авторское свидетельство на изобретение (см. приложение)).

Следует, однако, отметить, что при длительно протекающем опухолевом процессе сложно дифференцировать сдвиги физико-химических свойств эритроцитов, индуцированные непосредственно опухолью, и обусловленные изменениями, развивающимися в результате истощения организма либо под влиянием сопутствующих заболеваний. Исходя из этого нами была проведена серия экспериментов с перевитой асцитной гепатомой Зайделя на половозрелых беспородных крысах-самцах. Перевивка гепатомы осуществлялась путём введения в брюшную полость 0,5 мл асцитной жидкости. Штамм опухоли получен в лаборатории МНИОИ им. П.А.Герцена.

Как показали проведённые исследования, в процессе развития опухоли происходит прогрессирующее уменьшение концентрации эритроцитов и гемоглобина в крови, причём достоверное снижение этих параметров отмечается уже на вторые сутки, а в терминальной стадии уменьшение концентрации эритроцитов достигает 63% по сравнению с исходным уровнем (рис.2). Достоверные количественные сдвиги популяции эритроцитов сопровождаются и существенными изменениями их морфофункциональных свойств, выражающимися в достоверном уменьшении, начиная со вторых суток, плотности эритроцитов, концентрации сухих веществ в них. Столь же отчётливыми оказались изменения концентрации воды в эритроцитах: начиная со вторых суток, она достоверно увеличивалась и к концу шестых суток на 5% превышала фоновые значения. Одновременно отмечалась тенденция к увеличению объёма и диаметра эритроцитов, приобретающая достоверный характер к пятым суткам развития опухоли.

Так как асцитная гепатома Зайделя развивается за 5-7 суток и не приводит ни к выраженному истощению, ни к интеркурентным заболеваниям, можно считать возникающие сдвиги физико-химических свойств эритроцитов следствием самого опухолевого процесса. Следует также отметить аналогию сдвигов комплекса физико-химических свойств эритроцитов, наблюдаемых в эксперименте, и результатов, полученных при изучении эритроцитов крови пациентов с опухолевыми заболеваниями.

пониженным кислотообразованием - 10 человек; язвенной болезнью желудка – 12 человек.

Проведённые исследования (табл.3) показали, что из всех больных, имеющих патологические процессы воспалительного характера, лишь диаметры и объём эритроцитов оставались в пределах нормы, остальные показатели претерпевали существенные изменения, причём, при всей несомненной неспецифичности каждого из выявленных сдвигов их сочетание по выраженности и интенсивности имеют некоторые особенности, зависящие от локализации процесса. Но, несмотря на некоторые различия, совокупность отклонений имеет гораздо больше общих черт, свойственных заболеваниям воспалительного характера, чем специфических, обусловленных их конкретной локализацией (по результатам этой части работы получено авторское свидетельство на изобретение (см. приложение)).

Отмеченные закономерности достаточно чётко проявляются при сопоставлении сравниваемых показателей физико-химических свойств эритроцитов крови людей, страдающих заболеваниями воспалительного характера с другой патологией. В частности, у больных с язвенной болезнью желудка (рис. 1) были обнаружены иные результаты.

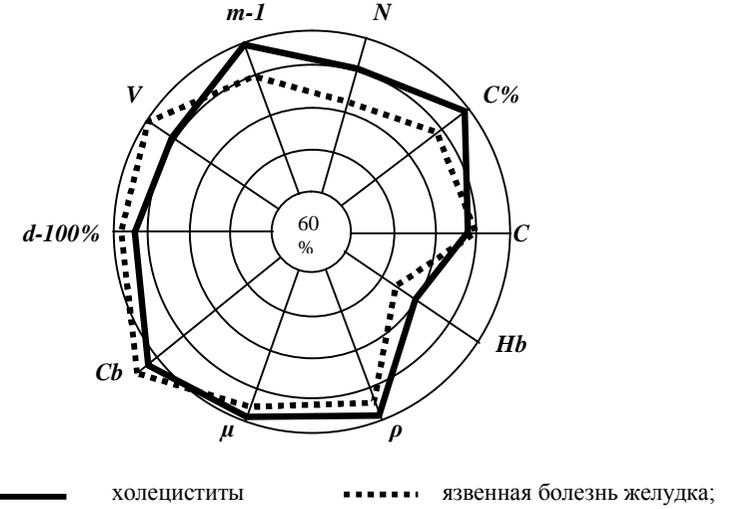
Несомненным прогрессом в области лабораторной диагностики онкологических заболеваний явились публикации, посвященные изучению изменений форменных элементов периферической крови при бластоматозных процессах. Однако эти, безусловно, интересные и весьма перспективные исследования касались преимущественно морфологии и формы эритроцитов-эхиноцитов, появляющихся в крови больных при злокачественных новообразованиях различной локализации. Вместе с тем изменения физико-химических свойств нативных эритроцитов периферической крови у онкологических больных изучены в меньшей степени. Нами предпринята попытка анализа данных, касающихся физико-химических свойств нативных циркулирующих эритроцитов у пациентов с опухолевыми заболеваниями лёгкого, молочной железы и желудка, т.е. достаточно распространённым бластоматозным процессом. Материалы получены на базе Областного онкологического диспансера. Анализировали данные больных с III-IV стадией опухолевого процесса, гистологически идентифицируемого как плоскоклеточный рак с ороговением, овсяноклеточный рак, железисто-солидный рак и малодифференцированная аденокарцинома.

Изменения физико-химических свойств эритроцитов у онкологических больных и больных с воспалительными заболеваниями (M±m) <i>Таблица №3</i>						
Заболевание	Средний объём эритроцитов, мкм	Относительный показатель преломления при $\lambda=805$ нм	Средняя концентрация сухих веществ в эритроците, % на 100 мл	Среднее содержание сухих веществ в эритроците, пг	Количество эритроцитов, млн. в 1 мл	
Рак молочной железы	83,6 ± 5,0*	1,060 ± 0,002*	34,4 ± 1,0*	29,3 ± 0,9*	2,8 ± 0,4*	
Рак желудка	77,2 ± 4,0*	1,062 ± 0,002*	35,2 ± 0,7*	27,6 ± 0,4*	2,8 ± 0,1*	
Рак лёгкого	82,6 ± 5,4*	1,058 ± 0,002*	33,9 ± 0,8*	27,9 ± 0,8**	2,8 ± 0,3*	
Хронический гастрит с пониженной кислотностью (10)	63,0 ± 3,0	1,066 ± 0,002*	38,4 ± 0,6*	24,2 ± 0,7*	4,0 ± 0,2*	
Нефриты (12)	65,4 ± 3,0	1,064 ± 0,002*	37,2 ± 0,5*	23,9 ± 0,6*	3,1 ± 0,3*	
Пневмония (12)	65,4 ± 3,0	1,066 ± 0,002*	38,2 ± 0,5*	25,2 ± 0,6	3,8 ± 0,2*	
Холециститы(12)	63,0 ± 3,0	1,064 ± 0,002*	37,0 ± 0,6*	23,9 ± 0,6*	3,9 ± 0,1*	
Контроль (20)	63,5 ± 0,2	1,071 ± 0,001	41,6 ± 0,2	26,4 ± 0,2	4,8 ± 0,2	

**Примечание.** В скобках - число обследованных. Звёздочками отмечены показатели, достоверно отличающиеся от контроля. Одна звёздочка  $P < 0,01$ , две  $P < 0,05$ .

В качестве контроля использовали результаты исследований крови практически здоровых людей – доноров.

Проведённые исследования показали, что независимо от локализации опухолевого процесса практически у всех больных наблюдались статистически достоверные изменения физико-химических свойств циркулирующих эритроцитов (табл.3).



**Рис.1** Сравнительная характеристика изменений физико-химических свойств эритроцитов крови пациентов с заболеваниями воспалительного и не воспалительного характера желудочно-кишечного тракта.

Анализ полученных данных позволяют заключить, что наиболее постоянным феноменом при канцерогенезе является одновременное уменьшение концентрации эритроцитов, их относительного показателя преломления, средней концентрации в эритроцитах сухих веществ на фоне увеличения объёма эритроцитов и содержания в каждом эритроците сухого остатка. Сопоставление полученных результатов с данными об изменении физико-химических свойств эритроцитов при воспалительных заболеваниях (табл.3), свидетельствует о том, что при канцерогенезе физико-химические свойства эритроцитов претерпевают