

УДК 574.52:576.3/7

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.60603

## КРОВЬ КАК ИНТЕГРАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЗМА

© М. Р. Верголяс

*Обосновывается актуальность использования гематологических показателей крови для мониторинга в качестве маркеров различных физиологических и патологических процессов. Описано, что кровь является важной системой организма, обладает всеми реактивными свойствами тканей, ее чувствительность к патологическим раздражениям очень высока. Реакция организма на раздражение токсического или инфекционного характера проявляется в изменении количественного состава клеток периферической крови*

**Ключевые слова:** гематологические исследования, эритроциты, форменные элементы крови, система крови, реакция организма

*Relevance of use of hematological blood parameters for monitoring as markers of various physiological and pathological processes is substantiated. It is shown that the blood is an important system of the body, has all the reactive characteristics of tissues, its sensitivity to pathological stimuli is very high. The reaction of the organism to the irritation of toxic or infectious nature manifests itself in the change of quantitative composition of peripheral blood cells*

**Keywords:** hematological researches, red blood cells, elements of blood, blood system, reaction of the organism

### 1. Введение

Антропогенные изменения водных экосистем не могут не отражаться на физиологическом состоянии живых организмов. Одной из интегральных систем, позволяющих проследить нарушения на различных уровнях функционирования организма, является система крови. Актуальность вопроса об использовании гематологических показателей крови для мониторинга была отмечена многими авторами [1–3]. Гематологические показатели хорошо отражают реакцию систем организма на воздействие различных физиологических и патологических факторов [4–6]. Условия пребывания накладывают отпечаток на морфологические особенности и количественные показатели красной и белой крови. К тому же, гематологические показатели являются высоко специфичными для вида и изменяются в достаточно узких пределах, что позволяет использовать их в качестве маркеров различных физиологических и патологических процессов [7].

### 2. Обзор литературных данных

Исследования XIX и XX веков позволили описать и систематизировать клетки крови беспозвоночных и позвоночных животных, установить основные функции и закономерности их эволюционного становления.

Система крови костных рыб представлена периферической кровью и органами кроветворения.

Многочисленные исследования показали, что у рыб, в отличие от высших позвоночных, форменные элементы развиваются как в специализированных гемопоэтических образованиях (их также называют лимфомиелоидными), так и в органах, в основном связанных с другой функциональной деятельностью, а также непосредственно в периферической крови. Так, например, в почках функцию гемопоэза выполняет межканальцевая кроветворная ткань. Перикард и жабры также участвуют в кроветворении. Процесс гемопоэза у рыб осуществляется в жаберном аппарате, печени, селезенке, тимусе и других органах и структурах, в состав которых входит ретикулярная ткань и сетка капилляров [8–10].

Общая классификация клеток крови рыб базируется на классификации, используемой для клеток млекопитающих, однако исследования крови рыб имеет свои особенности по сравнению с гематологическими исследованиями млекопитающих [6, 11]. Что касается номенклатуры клеток, состав крови рыб преимущественно совпадает с составом крови других позвоночных животных и названия отражают это сходство.

Общей чертой крови рыб является наличие эритроцитов содержащих ядро эллипсоидной формы. Из молодых форменных элементов красного ряда после гемоцитобласта встречаются эритробласты, базофильные, полихроматофильные и оксифильные

нормобласты. Все эти клетки не имеют больших морфологических различий в зависимости от вида. Видовая специфика выражена только в размерах, иногда в пропорциях клеток конечных этапов развития. Так, например, эритроциты линя, сома, и некоторых других рыб широко эллипсоидной, почти круглой формы, а эритроциты серебряного карася, наоборот, узко эллипсоидные [7, 12].

Картина крови амфибий свидетельствует о большой близости представителей этого класса к рыбам, именно, к хрящевым и хрящевым ганоидам. Некоторые виды амфибий имеют до 5 % безъядерных эритроцитов, которые называют эритропластидами (безлегочная саламандра – до 95 %). У отдельных бесхвостых амфибий обнаружена часть безъядерных тромбоцитов. У амфибий впервые возникает специальный очаг кроветворения – костный мозг, хотя активность его периодическая, в зависимости от времени года. Развитие костного мозга связывают с развитием скелета и действием сил гравитации.

Вторым кроветворным органом у земноводных является селезенка. Здесь наметилось разделение между красной и белой пульпой. Последняя представляет скопления лимфоцитов на разных этапах клеточной дифференцировки. В селезенке обнаружено большое количество эритроцитов, находящихся на разных этапах разрушения. У бесхвостых в этом органе много меланоцитов.

Ретикулярная ткань кроветворных органов располагается у земноводных вне сосудистой системы и благодаря способным к самоподдержанию стволовым клеткам обеспечивает начальные стадии развития клеток крови. Попав в сосудистую систему, незрелые клеточные структуры выполняют основные функции. Одновременно продолжаются процессы созревания и дифференцировок [13].

В связи с пребыванием земноводных не только в воде, но и на суше у них впервые отмечено миелоидное кроветворение [14]. Лейкоцитарная формула носит лимфоидный характер – от 86 до 96 % лимфоцитов. Среди клеток белой крови встречались также нейтрофилы разной степени зрелости и эозинофилы, базофилы, моноциты и лимфоплазмоциты. Выявлены овальные тромбоциты. Круглые тромбоциты в процессе эволюции у земноводных уже исчезли [15].

Если земноводные представляют промежуточную форму между водными организмами и сухопутными, то пресмыкающиеся окончательно вышли на сушу.

В крови некоторых ядовитых змей и змей, обладающих токсической слюной, выделяют клетки с особой внутренней структурой – випроциты [16]. Они принадлежат к эритроцитарной группе клеток. Випроциты встречаются в 10–15 раз чаще у крови именно ядовитых видов. Существует предположение, что они выполняют определенную роль в образовании яда.

Считается, что у представителей класса пресмыкающихся отсутствуют типичные нейтрофилы, а вместо них оказываются так называемые гетерофилы или специальные лейкоциты, которые сходны по функциональным свойствам с нейтрофилами млекопитающих.

Однако в периферической крови некоторых видов рептилий обнаруживаются клетки, по структуре и размерам гранул идентифицированы как нейтрофилы. Это позволяет предполагать наличие в крови этих животных специальных лейкоцитов, так их как нейтрофилы. В крови обыкновенной гадюки обнаружено нейтрофильно и гетерофильные лейкоциты [17].

К сожалению, форменные элементы крови рептилий изучены еще недостаточно глубоко. Однако замечено, что их красные и белые структуры имеют характер, промежуточный между кровью рыб и земноводных, с одной стороны, и с системой крови теплокровных – с другой.

С переходом на сушу у рептилий значительное развитие получил красный костный мозг и, следовательно, настоящий миелоидный гемопоэз. У земноводных миелоидное кроветворение развито слабо, а у рыб оно вообще отсутствует, что связано с водным образом жизни и отсутствием действия сил гравитации на последних.

Красный костный мозг состоит из ретикулярного синцития, стволовых кроветворных клеток и форменных элементов на всех этапах клеточного развития. К числу кроветворных органов относятся тимус. Если у земноводных и рыб он развивается из стенки глотки, то у ящериц, змей и черепах – из разных пар глоточных карманов [15].

Строение селезенки как органа гемопоэза считается уникальным [18]. Еще нет разделения на красную и белую пульпу, однако, в ней все же иногда встречаются отдельные более светлые области.

В составе окрашенных участков селезенки вокруг фиксированных макрофагов и сплюснутых кровеносных лакун, заполненных эритроцитами, находятся плотные скопления лимфоцитов. Эту часть селезенки сравнивают с белой пульпой млекопитающих, несмотря на отсутствие в ней обособленных фолликулов. Светлые зоны содержат ретикулярные клетки, обрамляющие артериолы. Уже у рептилий обнаруживается много сходных с млекопитающими черт в строении форменных элементов крови и органов гемолимфопоэза.

Особое развитие получил у птиц костный мозг. Он является главным органом гемоиммунопоэза, как и у других теплокровных. В этом органе выявлены стволовые клетки и близкие предшественники всех категорий форменных элементов крови, а также конечные фазы развития клеток красной и белой крови и тромбоциты.

Важную роль в гемоиммунопоэзе играет селезенка. У птиц впервые в этом органе появляются четко обособленные зародышевые центры. В середине белой пульпы их выявлены стволовые клетки, которые генерируют, в первую очередь, в лимфоидные элементы, но при определенных условиях способны продуцировать форменные элементы всех других категорий красной и белой крови [19].

Другим важным иммунным органом птиц является вырост дорсальной стенки клоаки – сумка Фабрициуса. Среди лимфоидных элементов здесь много бластных клеточных структур, заполняющих фолликулы.

Система крови у птиц более высокоорганизованная, чем у рептилий.

При оценке способности крови транспортировать кислород, следует учитывать, что эритроциты способны не только подавать кислород тканям и клеткам тела, но и потребляют его сами. Это обстоятельство приобретает особую важность в случае ядерных эритроцитов, которые по сравнению с безъядерными имеют более интенсивный обмен веществ. Действительно, определение интенсивности дыхания эритроцитов крови позвоночных показало, что ядерные эритроциты потребляют значительно больше кислорода, чем безъядерные, а среди ядерных – рыб и амфибий в сравнении с рептилиями [20].

Видимо, у птиц – животных с повышенным обменом – в процессе эволюции дыхательной функции крови усиление ее способности транспортировать кислород шло по линии ослабления интенсивности дыхания самих ядерных эритроцитов как переносчиков кислорода. Белая кровь птиц представлена зернистыми лейкоцитами: нейтрофилы, эозинофилы с округлыми и игольчатыми гранулами, базофилы с фиолетово-красными гранулами. Имеются, как и у всех позвоночных, моноциты. Лимфоциты подразделяются на две популяции: Т-лимфоциты и В-лимфоциты.

Некоторые авторы отмечают у птиц наличие зернистых клеток – гетерофилов (нейтрофилов) [21, 22].

Млекопитающие, как и птицы, имеют полностью разобщенные большой и малый круги кровообращения. В их лимфатической системе имеется лимфатические железы, функция которых – очистка лимфы от болезнетворных микроорганизмов с помощью фагоцитирующих клеток.

### 3. Цель и задача исследования

Изменения экологических факторов, вызванных растущим антропогенным воздействием, приводят к угрожающей ситуации по выживанию живых организмов и здоровья человека. Научные проблемы оценки влияния негативных факторов на живые организмы являются приоритетными задачами. Гематологические исследования приобретают особую актуальность при изучении воздействия неблагоприятных факторов риска окружающей среды на живые организмы.

Цель исследований выявить изменения морфологического состава крови живых организмов при воздействии токсикантов и веществ, загрязняющих окружающую среду.

Исследование крови является одним из важнейших диагностических методов, отражающие реакцию кроветворных органов на воздействие различных физиологических, токсикологических и патологических факторов. Состояние системы красной крови позволяет дать объективную оценку физиологического состояния организма в целом. Лейкограмма периферической крови является как индикатор состояний организма [6, 22].

Гематологические исследования живых организмов необходимы для диагностики основных патологических состояний гемопоэза. Наряду с фундаментальными данными об основных компонентах

гемопоэза рассматриваются вопросы морфофункциональных характеристик клеток крови и их трансформации при патологии [7, 23].

### 4. Результаты исследование

Состав клеток крови неоднороден как в количественном, так и в качественном отношении [23, 24] выделяет группу узкоспециализированных форменных элементов (эритроциты, тромбоциты, зернистые лейкоциты). К числу последних, способных к дальнейшим перестройкам, он относят лимфоциты и моноциты.

Среди разнообразных клеток крови, меняющихся в процессе эволюции, особый интерес представляют эритроциты как носители дыхательного пигмента. Устройство эритроцита у млекопитающих чрезвычайно просто. Это клетка, не содержащая ядра и потому не способная к делению. Правда, ядра удаляются лишь на последнем этапе созревания эритроцитов. Это предельно простое функциональное образование, из которого убрано все лишнее. Он служит двуединой цели – транспорту кислорода из легких ко всем тканям и органам, буквально к каждой клетке организма, и транспорту углекислого газа от “потребителей” обратно в легкие. Поскольку эритроцит потребляет часть кислорода на собственный обмен, эволюция его дыхательной функции шла в двух направлениях. Во-первых, – ослабление интенсивности дыхания самих эритроцитов; во-вторых – потеря ядра, которое расходует кислород на свои нужды [25].

Безъядерными структурными образованиями крови у млекопитающих, кроме эритроцитов, являются тромбоциты. Они представляют собой сферические структуры диаметром от 1 до 5 мкм. Тромбоциты ограничены трехслойной мембраной, на которой адсорбируются факторы свертывающей системы. Эта мембрана играет большую роль в процессах адгезии и агрегации тромбоцитов. Являясь безъядерными кровяными пластинками, тромбоциты отщепляются от полиплоидных гигантских мегакариоцитов. Заключительный эндомитоз этих клеток сопровождается синтезом белка и макроэргических соединений, необходимых для завершения построения примембранных слоев тромбоцитов. Мегакариоциты постоянно в циркуляцию постоянно, особенно при патологии. Продукция тромбоцитов означает конец мегакариоцита. Механизм регуляции и развития этих клеток полностью не раскрыт. Своеобразие их заключается в непрекращающейся цитоплазматической дифференцировке, которая заканчивается тромбоцитообразованием.

У млекопитающих завершилось разделение кровеносной и лимфатической систем. Лимфа по своему химическому составу сходна с плазмой крови, но беднее белками. Форменные элементы лимфы – главным образом лимфоциты и моноциты; лимфа никогда не содержит эритроцитов, а потому бесцветна. В организме она удаляет продукты обмена тканей из тканевой жидкости, возвращает белки из межклеточных пространств в кровотоки, всасывает и транспортирует продукты пищеварения (особенно

жиры) из желудочно-кишечного тракта в кровь, обеспечивает гуморальную связь между тканями и органами и иммунитет.

Кровь, лимфа и тканевая жидкость вместе образуют целостную систему – внутреннюю жидкостную среду организма. У млекопитающих, в отличие от других позвоночных животных, у которых кроветворные органы расположены диффузно, имеется четкое разделение очагов кроветворения на миелоидные и лимфоидные. В онтогенезе млекопитающих генезис клеток крови начинается в стенке желточного мешка. Эти первичные гемоцитобласты являются родоначальниками всех типов кровяных клеток. Позднее аналогичные превращения происходят в мезенхиме. В дальнейшем кроветворение перемещается в печень, где протекает в ретикулярной ткани, окружающей сосуда печени. Здесь скапливаются гемоцитобласты, дающие начало клеткам эритробластического ряда. С началом окостенения скелета кроветворение перемещается в костный мозг. В это же время, в связи с образованием лимфатических узлов, происходит четкое разделение кроветворения на лимфоидное и миелоидное. Эта особенность свойственна только млекопитающим.

Селезенка – орган эритропоэза низших позвоночных – у млекопитающих эту функцию утрачивает, хотя в некоторых патологических случаях может образовывать очаги этого вида кроветворения [26]. В селезенке млекопитающих остаются только лимфоидные влагаллища по ходу пульпарных артерий, а ретикулярная строма красной пульпы превращается в фагоцитарный аппарат поглощения отработанных эритроцитов. Таким образом, селезенка в своем эволюционном пути сравнительно недавно сменила первоначальную гемопоэтическую функцию на роль хранилища полноценных и “кладбища” неполноценных эритроцитов. Миелоидное кроветворение перекочевало из нее в костный мозг.

### 5. Выводы

Таким образом, кровь как одна из важнейших систем организма играет большую роль в его жизнедеятельности. Благодаря широко развитой сети кровеносных капилляров она приходит в соприкосновение с клетками всех тканей и органов, обеспечивая тем самым возможность их дыхания и питания. Находясь в тесном соприкосновении с тканями, кровь обладает всеми реактивными свойствами тканей, ее чувствительность к патологическим раздражениям выше и тоньше, а реактивность – выразительнее и рельефнее. Поэтому всякого рода воздействия на ткани организма отражаются на составе и свойствах крови.

Гематологические исследования предсказывают появление первых, неясно выраженных клинических симптомов патологического процесса.

В периферической крови животных и человека при нормальных физиологических условиях организма образование форменных элементов и их разрушение находятся в состоянии равновесия. Нарушение взаимоотношений между этими процессами, обусловленное реакцией организма на раздражение ток-

сического или инфекционного характера, проявляется в изменении количественного состава клеток периферической крови. Степень реакции организма зависит как от его реактивной способности, так и от силы действующего агента. Если слабые раздражения вызывают лишь функциональные изменения состава крови, то сильные – влияют на образование отдельных видов клеток, а иногда и действуют угнетающе, ослабляя центральные и разрушая периферические клетки.

### Литература

1. Аленичев, С. В. Динамика гематологических показателей типичных представителей ихтиофауны водоемов Карелии [Текст] / С. В. Аленичев. – Петрозаводск, 2000. – 25 с.
2. Лугаськова, Н. В. Адаптивные особенности системы крови окуня и линя в условиях загрязнения и эвтрофикации водоемов [Текст] / Н. В. Лугаськова, Р. А. Насыров // Сибирский экологический журнал. – 2001. – Т. 8, № 6. – С. 735–739.
3. Серпунин, Г. Г. Гематологические показатели адаптации рыб [Текст]: автореф. дис. ... д-р биол. наук / Г. Г. Серпунин; Калининградский государственный технический университет. – Калининград, 2002. – 35 с.
4. Pettersen, E. F. Peripheral blood and head kidney leucocyte populations during out-of-season (0+) parr-smolt transformation and seawater transfer of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [Text] / E. F. Pettersen, M. Ulvenes, G. O. Melingen, H. I. Wergeland // Fish & Shellfish Immunology. – 2003. – Vol. 15, Issue 5. – P. 373–385. doi: 10.1016/s1050-4648(02)00185-7
5. Кондратьева, И. А. Современные представления об иммунной системе рыб. Функционирование и регуляция иммунной системы рыб [Текст] / И. А. Кондратьева, А. А. Киташова // Иммунология. – 2002. – № 2. – С. 97–101.
6. ДСТУ 7387:2013 Якість води. Метод визначення цито- та генотоксичності води і водних розчинів на клітинах крові прісноводної риби Даніо репіо (*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan) [Текст]. – Введ. 2014-07-01. – Київ: ДП УкрНДНЦ, 2013. – 16 с.
7. Верголяс, М. Р. Цитологічна характеристика периферичної крові дев'яти видів риб [Текст] / М. Р. Верголяс, В. Ф. Безруков, Л. Г. Манило // Сучасні проблеми біології, екології та хімії. – 2007. – № 2. – С. 217–220.
8. Житенева, Л. Д. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб [Текст] / Л. Д. Житенева, Т. Г. Полтавцева, О. А. Рудницкая; Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 1989. – 112 с.
9. Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб [Текст] / Н. Т. Иванова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.
10. Яхненко, В. М. Особенности состава и структуры клеток крови рыб пелагиали и побережья озера Байкал [Текст] / В. М. Яхненко, И. В. Клименков // Известия РАН. Серия биологическая. – 2009. – № 1. – С. 46–54.
11. Stoskopf, M. K. Clinical Pathology: Fish medicine [Text] / M. K. Stoskopf. – Philadelphia: Penn., W. B. Saunders, 1992. – P. 113–131.
12. Минеев, А. К. Отклонения в морфологии клеток крови и в некоторых гематологических параметрах у рыб Саратовского водохранилища [Текст] / А. К. Минеев. – Нижний Новгород, 2002. – 83 с.
13. Иржак, Л. И. Эволюция системы крови. Эволюционная физиология. [Текст] / Л. И. Иржак. – Л., 1983. – С. 262–300.
14. Иванова, Н. Т. Система крови [Текст] / Н. Т. Иванова. – Ростов-на-Дону, 1995. – 155 с.

15. Житенева, Л. Д. Экологические закономерности ихтиогематологии [Текст] / Л. Д. Житенева. – Ростов-на-Дону, 1999. – 56 с.

16. Перевалов, А. А. Новое в исследовании крови у змей [Текст] / А. А. Перевалов. – Вопросы герпетологии. – Л.: Наука, 1973. – С. 142–144.

17. Соколина, Ф. М. Гематология пресмыкающихся [Текст] / Ф. М. Соколина, А. В. Павлов, Р. Х. Юсупов. – Казань: КГУ, 1997. – 31 с.

18. Купер, Э. Сравнительная иммунология [Текст] / Э. Купер. – М., 1980. – 500 с.

19. John, J. L. The avian spleen: a neglected organ [Text] / J. L. John // The Quarterly Review of Biology. – 1994. – Vol. 69, Issue 3. – P. 327–351. doi: 10.1086/418649

20. Коштойац, Х. С. Основы сравнительной физиологии. Т. 1 [Текст] / Х. С. Коштойац. – М.-Л., 1950. – 523 с.

21. Strakova, T. Zmeny hematologických a biochemických ukazatelů krve brojlerů v průběhu výkrmu [Text] / T. Strakova, P. Suchý, D. Rlecker // Zivoc. Vyroba. – 1993. – Vol. 38, Issue 2. – P. 725–734.

22. Шабалин, Г. С. Морфология лейкоцитов и лейкограмма крови журавлей [Текст] / Г. С. Шабалин // Проблемы современной экологии и экологического образования. – 1994. – С. 55–61.

23. Заварзин, А. А. Основы частной цитологии и сравнительной гистологии многоклеточных животных [Текст] / А. А. Заварзин. – Л.: Наука, 1976. – 410 с.

24. Гончарук, В. В. Исследование мутагенности и генотоксичности питьевой воды [Текст] / В. В. Гончарук, М. Р. Верголяс, И. В. Болтина // Химия и технология воды. – 2013. – Т. 35, № 5. – С. 426–435.

25. Житенева, Л. Д. Экологические закономерности ихтиогематологии [Текст] / Л. Д. Житенева. – Ростов-на-Дону, 1999. – 56 с.

26. Сапин, М. Р. Анатомия и физиология человека [Текст] / М. Р. Сапин. – М.: Просвещение, 2000. – 256 с.

#### References

1. Alekseev, S. V. (2000). Dynamics of hematological parameters of typical representatives of Karelia fish fauna reservoirs. *Petrozavodsk*, 25.

2. Lugaskova, N. V., Nasyrov, R. A. (2001). Adaptive features of blood system perch and tench in terms of pollution and eutrophication. *Siberian Journal*, 8 (6), 735–739.

3. Serpunin, G. G. (2002). Hematological parameters of fish adaptation. *Kaliningrad*, 35.

4. Pettersen, E. F., Ulvenes, M., Melingen, G., Wergeland, H. (2003). Peripheral blood and head kidney leucocyte populations during out-of-season (0+) parr-smolt transformation and seawater transfer of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 15 (5), 373–385. doi: 10.1016/s1050-4648(02)00185-7

5. Kondratiev, I. A., Kitashova, A. A. (2002). Modern views on the fish's immune system. Function and regulation of the immune system of fish. *Immunology*, 2, 97–101.

6. DSTU 7387:2013 Yakist Vod. Method viznachennya cytokine that genotoksichnosti i Vod aquatic roses-chiniv on klitinah krovi prisnovodnoi Ribby Danio rerio (*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan) (2013). Enter 2014-07-01. Kyiv: DP UkrNDNC, 16.

7. Vergolyas, M. R., Bezrukov, V. F., Manilo, L. G. (2007). Tsitologichna characteristic periferichnoi krovi dev'yati vidiv RIB. *Suchasni problemi biologii, ekologii that himii*, 2, 217–220.

8. Zhiteneva, L. D., Poltavtseva, T. G., Rudnitskaya, O. A. (1989). Atlas of normal and pathologically altered blood cells of fish. *Rostov-on-Don: Rostizdat*, 112.

9. Ivanova, N. T. (1983). Atlas fish blood cells. *Moscow: Light and food industries*, 184.

10. Yahnenko, V. M., Klimenko, I. (2009). Features of the composition and structure of blood cells and the pelagic fish of Lake Baikal coasts. *Izvestiya RAN. Biology Series*, 1, 46–54.

11. Stoskopf, M. K. (1992). *Clinical Pathology: Fish medicine*. Philadelphia: Penn., W. B. Saunders, 113–131.

12. Mineev, A. K. (2002). Abnormalities in blood cell morphology and in some hematological parameters in fish Saratov Reservoir. *Nizhny Novgorod*, 83.

13. Irzhak, L. I. (1983). Evolution of the blood system. *Evolutionary physiology*. Leningrad, 262–300.

14. Ivanov, N. T. (1995). Blood system. *Rostov-on-Don*, 155.

15. Zhiteneva, L. D. (1999). Environmental laws Ichthyol hematology. *Rostov-on-Don*, 56.

16. Perevalov, A. A. (1973). New blood study snakes. *Problems of Herpetology*. Leningrad: Nauka, 142–144.

17. Sokolin, F. M., Sokolina, A. B., Pavlov, A. V., Yusupov, R. H. (1997). Hematology reptiles. *Kazan: KSU*, 31.

18. Cooper, E. (1980). *Comparative Immunology*. Moscow, 500.

19. John, J. L. (1994). The Avian Spleen: A Neglected Organ. *The Quarterly Review of Biology*, 69 (3), 327–351. doi: 10.1086/418649

20. Koshtoyants. H. S. (1950). *Fundamentals of comparative physiology*. Vol. 1. Moscow – Leningrad, 523.

21. Strakova, T., Suchý, P., Rlecker, D. (1993). Zmeny hematologických a biochemických ukazatelů krve brojlerů v průběhu výkrmu. *Zivoc. Vyroba*, 38 (2), 725–734.

22. Shabalin, G. S. (1994). Morphology of white blood cells and blood leukogram cranes. *Problemy sovremennoj jekologii i jekologicheskogo obrazovaniya*, 55–61.

23. Zavarzin, A. A. (1976). Basics of private histology and comparative histology of multicellular animals. *Leningrad: Science*, 410.

24. Goncharuk, V. V., Vergolyas, M. R., Boltina, I. V. (2013). Investigation of mutagenicity and genotoxicity of drinking water. *Chemistry and Technology of water*, 35 (5), 426–435.

25. Zhiteneva, L. D. (1999). Environmental laws Ichthyol hematology. *Rostov-on-Don*, 56.

26. Sapin, M. R. (2000). *Anatomy and physiology*. Moscow: Prosveshenie, 256.

*Рекомендовано до публікації д-р біол. наук Матвієнко Н. М.  
Дата надходження рукопису 14.01.2016.*

**Верголяс Майя Розметовна**, кандидат біологічних наук, старший научний співробітник, завідувач лабораторії, лабораторія біомаркерів і біотестування, Інститут колоїдної хімії і хімії води ім. А. В. Думанського НАН України, бул. Акад. Вернадського, 42, г. Київ, Україна, 03680  
E-mail: vergolyas@meta.ua