

Экологические аспекты влияния различной степени очистки воды на организм крыс линии Wistar

© 2017. Х. Б. Юнусов, доцент, декан биолого-химического факультета,
Московский государственный областной университет,
141014, Россия, Московская область, г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, 24,
e-mail: office@mgou.ru

Работа посвящена исследованию влияния степени очистки питьевой воды на гематологические показатели и изменения, происходящие в печени млекопитающих на примере крыс линии Wistar. Эксперименты с животными проведены с соблюдением всех правил и норм работы с лабораторными животными. Использованы образцы воды из поверхностных источников с различным содержанием загрязняющих веществ. В основном загрязнение воды происходит за счёт антропогенных факторов, включая попадание неочищенных и недостаточно очищенных стоков различных производств. Проведено изучение влияния загрязняющих компонентов воды на состояние здоровья экспериментальных животных при употреблении ими воды внутрь. Животные в эксперименте были разделены на три группы, в зависимости от того, какую воду получали. В качестве контроля использовали исходные значения гематологических параметров экспериментальных животных на начало опыта. Результаты опытов показали, что недостаточно чистая водопроводная вода при употреблении животными внутрь оказывает угнетающее действие на организм животных, хотя в краткосрочном периоде резко выраженного отрицательного влияния не наблюдалось. Неочищенная вода оказывает отрицательное влияние на организм животных, что выразилось изменениями в печени крыс и их гематологических параметров. Вместе с тем вода, очищенная БЭХ методом, по сравнению с водопроводной и неочищенной водой из реки Яуза, оказала на организм крыс положительное влияние. Подтверждён вывод о необходимости употребления в пищу только очищенной воды, что способствует оптимальному развитию животных, а следовательно, и человека, на протяжении всего жизненного цикла.

Ключевые слова: токсиканты, очистка воды, крысы линии Wistar, гематологические показатели, дистрофия печени.

Ecological effects of different water purification on the organism of Wistar rats

Kh. B. Yunusov,
Moscow State Regional University,
24 V. Voloshina St., Mytisch, Russia, 141014,
e-mail: office@mgou.ru

The work deals with the influence of the degree of purification of drinking water on hematological indices and the changes occurring in the liver of mammals by the example of Wistar rats. Animal experiments was conducted in compliance with all rules and regulations of work with laboratory animals. Water samples from surface sources with different content of pollutants were used. Basically, water pollution is due to anthropogenic factors, including ingress of untreated and inadequately treated wastewater of various industries. The study was carried out of the impact of water contaminants on the state of health of experimental animals drinking this water. The animals in the experiment were divided into three groups, depending on the kind of water they had. As a control, the original values of hematological parameters in experimental animals at the beginning of the experience were used. The results showed that tap water is not clean enough to be drunk by animals, it had a depressing effect on the body of animals, although in the short term a pronounced negative effect was not observed. Non-purified, untreated water had a negative impact on the animal organisms, it was reflected by changes in the liver of rats and in their hematological parameters. However, water purified by BEH (baroelectrochemical method), as compared with untreated water and water from the Jauza river, had a positive effect on rats. The conclusion is proved that it is necessary to use only purified water contributing to optimal development of animals, and, consequently, of humans throughout the whole life cycle.

Keywords: toxicants, water purification, Wistar rats, hematology, liver degeneration.

Устойчивое развитие современного общества часто сопровождается ухудшением состояния окружающей среды. В частности, сточные воды, попадая в поверхностные водоёмы, загрязняют их различными химическими токсикантами и создают угрозу развитию всего живого, включая человека. Необходимо использование комплексных мер по недопущению дальнейшего загрязнения компонентов среды и улучшению очистки вод различного назначения. Особенно важно добиться полной очистки стоков перед их сбросом и повторным использованием. Научные исследования показывают тесную зависимость качества жизни и здоровья человека от качества и доступности чистой питьевой воды [1–3]. Очевидно, что информацию о влиянии токсикантов на живой организм мы получаем, прежде всего, через исследования, проводимые на экспериментальных животных.

Известно, что многие физиологические процессы в организме млекопитающих протекают с участием печени, которая выполняет защитную функцию [2–4]. Поэтому незначительные нарушения функции печени могут привести к опасным и тяжёлым последствиям [3–5]. Влияние каждого токсического вещества приводит к негативным последствиям и отклонениям от нормы отдельного органа и организма в целом [6–8].

Установлено, что кровь, кроветворные системы, как и ткани печени, находятся в сильной зависимости от качества питьевой воды и также могут повреждаться при токсическом воздействии (нарушение кровоснабжения, функциональная недостаточность и т. д.) [2–8]. Однако детальные последствия влияния различных загрязнителей, содержащихся в питьевой воде, в настоящее время ещё недостаточно изучены.

Целью данной работы является исследование гематологических показателей и изменений, происходящих в печени крыс в результате употребления ими для питья воды разной степени очистки от загрязняющих веществ.

Материалы и методы

В эксперименте участвовали три группы крыс линии Wistar, по 50 особей в каждой группе.

Первая группа животных употребляла воду из централизованной водопроводной системы. Животные второй группы получали воду из реки Яуза. Третью группу животных поили водой, очищенной бароэлектрохимиче-

ским (БЭХ) методом [9]. Режим подачи воды был свободным: для каждой группы животных установили поилки, которые наполнялись водой автоматически из резервуара по мере уменьшения уровня воды в поилке.

Питание подопытных животных по вариантам не рассчитывалось. Световой режим – 12/12 ч день/ночь, температура содержания животных находилась в пределах 30 ± 2 °С. При проведении экспериментов соблюдали принципы биоэтики и гуманного обращения с животными [10–13].

Эксперименты проводили в течение двух лет, каждый месяц брали образцы крови на анализ. Для выполнения общего анализа крови использовали гематологический анализатор Abacus Junior 30, который позволяет проводить диагностику по 18 гематологическим параметрам в автоматическом режиме, используя при этом минимальное количество крови (25 мкл) [14]. Химический анализ образцов воды выполнен в лаборатории Московского государственного областного университета (МГОУ), в стационарных условиях. Микробиологический анализ осуществляли в Московском городском центре дезинфекции. В целях исключения заболеваний животных, вызванных с микроорганизмами, вода подвергалась кипячению. Статистический анализ выполнен с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Статистическая разница средних ($\pm SD$) определена с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты

Результаты химического анализа воды из реки Яуза, централизованного водопровода и воды, полученной БЭХ методом, приведены в таблице 1.

Водопроводная вода по большинству параметров соответствовала или незначительно превышала нормы [15] по содержанию некоторых загрязнителей. Вода из реки Яуза, напротив, по ряду основных параметров (содержание нитритов, ионов меди, марганца, никеля) не соответствует нормам, установленным СанПиН [15]. После очистки БЭХ методом речная вода имела показатели загрязнения существенно ниже (по многим параметрам в 2–3 раза, а по некоторым на порядок), чем допускают нормы СанПиН [15].

В зависимости от качества употребляемой для питья воды были выявлены изменения гематологических параметров у крыс разных групп (табл. 2).

Таблица 1

Некоторые параметры, характеризующие качество воды из различных источников

Параметры качества воды	СанПиН 2.1.4.1074-01	Источники воды		
		водопровод (1 группа)	река Яуза (2 группа)	БЭХ модуль (3 группа)
Жёсткость воды (мг/л)	7,0	3,0	5,0	0,05
Общая минерализация, мг/дм ³	1000	221	425	18
pH	6–9	7,2	8,26	7,16
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	45	7	6	3
Cl ⁻ , мг/дм ³	35	64	27	10
F ⁻ , мг/дм ³	1,2	0,53	0,1	0,02
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	3,0	2	18,6	0,02
Fe (общее), мкг/дм ³	0,3	1,8	0,8	0,07
Be, мкг/дм ³	0,3	0,02	0,03	0,001
Cu ²⁺ , мкг/дм ³	1,0	1,9	2,7	0,03
Zn ²⁺ , мкг/дм ³	5,0	1,57	2,7	0,01
Cr ³⁺ , мкг/дм ³	0,3	0,6	0,4	0,03
Mn ²⁺ , мкг/дм ³	0,1	0,8	1,9	0,003
Ni ²⁺ , мкг/дм ³	1,0	2,4	3,6	0,005
Pb ²⁺ , мкг/дм ³	0,03	0,05	0,1	0,001

Таблица 2

Изменения в гематологических параметрах крыс
в зависимости от употребления воды различного качества

Параметры	Исходные значения (начало эксперимента)	Группы животных		
		I	II	III
Эритроциты, 10 ¹² кл/л	7,53±0,35	7,41±0,25*	4,84±0,36*	7,00±0,12*
Средний объём эритроцитов, мкм ³	53,8±0,6	55,0±1,1	51,1±2,4	54,1±0,7
Гематокрит, %	46,3±2,0	42,1±3,1*	26,3±2,8*	47,8±2,8*
Гемоглобин, г/л	149±6	151±6	139,0±3,2	149±9
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	20,3±1,0	17,8±1,1*	34,8±1,0*	21,3±2,1*
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, г/л	376±15	369±14	386±19	380±14
Лейкоциты, 10 ⁹ кл/л	8,3±0,7	8,3±0,5	14,1±0,6*	8,4±0,6*
Лимфоциты, 10 ⁹ кл/л	4,18±0,11	4,23±0,18	4,82±0,31	4,10±0,10
Лимфоциты, %	52,4±1,9	51,5±2,0	66,0±1,8	50,3±2,6
Нейтрофильные гранулоциты, 10 ⁹ кл/л	3,1±0,5	3,0±0,5	3,8±0,9	3,0±0,4
Нейтрофильные гранулоциты, %	35,1±1,8	34,1±2,6	40±9	36,7±3,3
Абсолютный показатель средних клеток, 10 ⁹ кл/л	0,99±0,07	1,00±0,05	1,8±0,7	1,00±0,08
Соотношение средних клеток в организме, %	12,5±0,5	13,5±0,9	15,2±1,9	11,50±0,38
Тромбоциты, 10 ⁹ кл/л	850±90	860±80	1940±120*	950±90*
Тромбокрит, %	1,5±0,6	0,60±0,09	2,3±0,4	0,8±0,6
Средний объём тромбоцитов, мкм ³	7,22±0,08	7,20±0,04*	6,8±0,1	7,42±0,08

Примечание: * – наиболее значимые различия в показателях изменения компонентов крови при $P \geq 0,95$.

Наиболее значительные отклонения от нормы, по большинству гематологических показателей, зафиксированы у животных второй группы, которые пили неочищенную воду из реки Яуза (табл. 2). Близкими значениями гематологических параметров по отношению к исходным данным отличались животные, употреблявшие для питья водопроводную воду.

Отмечено снижение в гематокрите (средний уровень лейкоцитов, эритроцитов и тромбоцитов в крови) у животных первой и второй групп, тогда как показатели третьей группы были оптимальными. Изменение уровня гемоглобина в эритроците имело такую же тенденцию.

Изменения гематологических показателей крови по различным экспериментальным группам животных: критически низкий уровень гематокрита (ниже в 2 раза) во второй группе, а в третьей группе – наиболее близкий к оптимальному значению возрастной группы; по эритроцитам – почти двукратное снижение показателей у второй группы испытуемых животных, а в третьей группе – оптимальные; среднее содержание гемоглобина в эритроците

в третьей группе в оптимуме, в первой группе – в пределах нормы, но во второй группе испытуемых животных – превышение в 1,5 раза.

Наряду с гематологическими параметрами в эксперименте оценивали состояние печени подопытных крыс. Патоморфологические наблюдения печени показали, что у животных первой группы наблюдалось несколько случаев дистрофических изменений печёночной ткани: начальная стадия гранулированной дистрофии гепатоцитов и жировая дистрофия ткани. По-видимому, наличие некоторого количества гепатотоксических веществ в водопроводной воде явилось причиной выявленных отклонений.

У животных второй группы также обнаружены существенные отклонения от нормы. А именно: изменение цвета печени (иногда красный и жёлтый с коричневым оттенком), около 20% ткани печени у крыс этой группы характеризовались пятнистостью, дистрофией печёночных лучей, гепатоцитов слегка раздутой формы, мутной цитоплазмой. Границы клеток печени животных из второй группы нечёткие, ядра также раздуты, заметны изме-

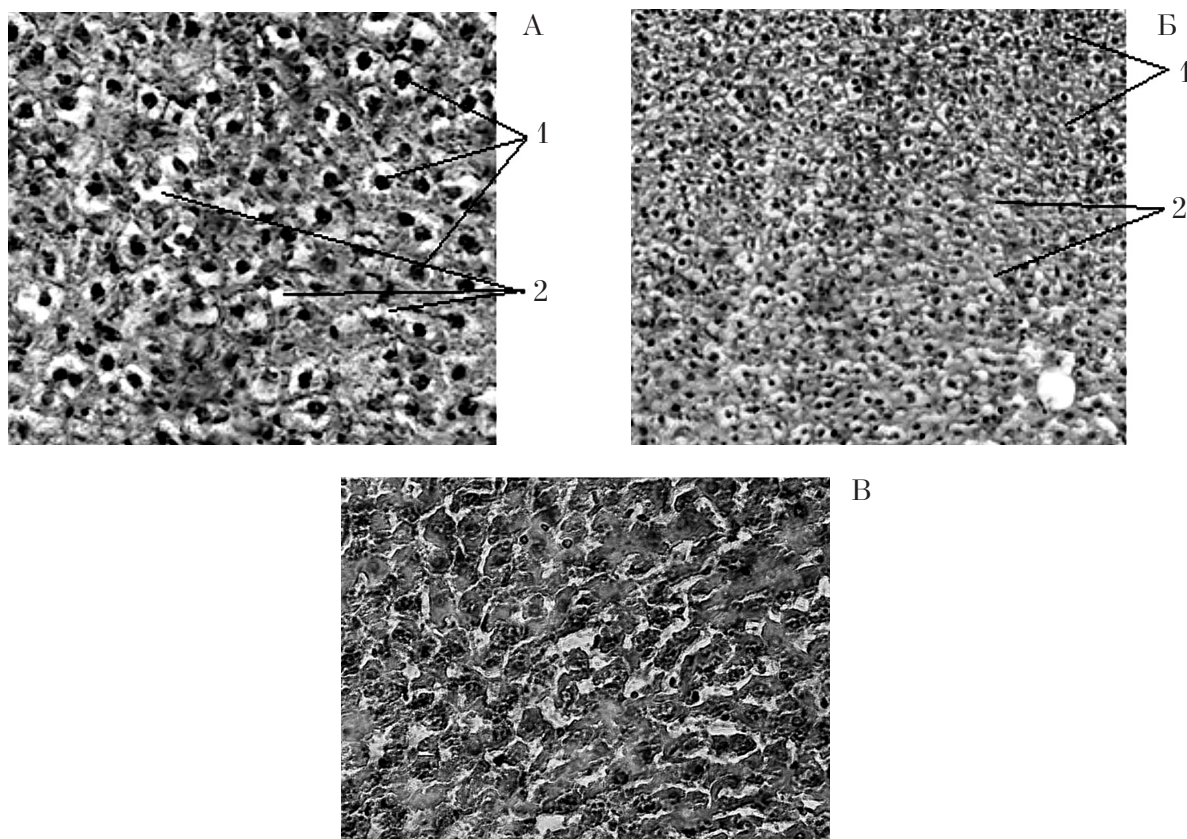


Рис. 1. Сравнение морфологических изменений в печени крыс I и II групп с нормой III группа: 1 – синусоидальные капилляры; 2 – печёночные балки (А – II группа; Б – I группа; В – III группа)

нения структуры сосудов печени, и в некоторых частях наблюдается просачивание крови (кровоизлияние).

Содержание лейкоцитов-макрофагов в клетках увеличено, паренхима печени содержит большое количество вакуолей, некоторые клетки сильно увеличены в размерах, стенки синусоидальных капилляров утончены, печёночные балки размыты. У животных, получавших воду из реки Яуза, наблюдаются утолщение печёночных балок и неравномерные дефекты синусоидальных капилляров (рис. 1 Б).

У животных второй группы, в подавляющем количестве препаратов печёночной ткани (более 60%), обнаружены очаги некроза, некоторые клетки потеряли целостность, что привело к утрате структуры ткани печени.

Животные, употреблявшие очищенную БЭХ методом воду (третья группа), по всем наблюдаемым параметрам имели оптимальные значения показателей, а именно: печень розоватого цвета, соответствует нормам возрастной категории животных, без повреждений, наблюдается отсутствие дистрофии и дисфункции.

Заключение

В выполненном эксперименте показано отрицательное влияние неочищенной воды на печень крыс линии Wistar и их гематологические параметры. Установлено более благоприятное влияние воды, очищенной БЭХ методом, по сравнению с водопроводной и неочищенной водой из реки Яуза, на организм млекопитающих животных на примере крыс.

Недостаточно чистая водопроводная вода при употреблении внутрь оказывает угнетающее действие на организм животных, хотя в краткосрочном периоде резко выраженного отрицательного влияния не выявлено. Подтверждён вывод о необходимости употребления для питья только очищенной воды, что способствует оптимальному развитию животных, а следовательно, и человека, на протяжении всего жизненного цикла.

Литература

1. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В. Экология человека. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2007. 154 с.
2. Adedara I.A., Awogbindin I.O., Adesina A.A., Oyebiyi O.O., Lawal T.A., Farombi E.O. Municipal landfill leachate-induced testicular oxidative damage is associated with biometal accumulation and endocrine

disruption in rats // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2012. P. 288–294.

3. Leonard R., Ruben Z. Hematology reference values for peripheral blood of laboratory rats // Lab. Anim. Sci. 1986. V. 36 (3). P. 77–81.

4. Schriks M., Heringa M.B., van der Kooi M.M., de Voogt P., van Wezel A.P. Toxicological relevance of emerging contaminants for drinking water quality // Water Res. 2010. V. 44 (2). P. 461–476.

5. Sinčak P. Artificial intelligence in public health prevention of legionellosis in drinking water systems // Sci. Total Environ. 2014. V. 500–501. P. 139–146.

6. Fong T.T., Lipp E.K. Enteric viruses of humans and animals in aquatic environments: health risks, detection, and potential water quality // Microbiology and molecular biology reviews. 2005. V. 69. № 2. P. 1092–2172.

7. Yunusov Kh.B., Syomin I.A., Kozlova M.A., Areshidze D.A. Influence of the water cleared in the different ways on some hematologic indicators of mammals // Bothalia Journal, Pretoria, South Africa. Sep. 2014. P. 195–201.

8. Yunusov Kh.B., Syomin I.A., Kozlova M.A., Areshidze D. A. Influence of the water cleared in the different ways on a condition of tissue of liver and on blood condition of mammals // Wulfenia Journal Klagenfurt. 2014. V. 21. № 11. P. 293–300.

9. Yunusov Kh.B. Improvement of ecological parameters of sewage by integration of various methods of cleaning // Chemical and oil-and-gas mechanical engineering. 2014. V. 21. № 112. P. 31–35.

10. ГОСТ Р 53434-2009. Принципы надлежащей лабораторной практики. Технические требования. М.: Стандартиформ, 2010. 11 с.

11. Денков В.М. Лабораторни животни. София: Изд-во на Бълг. акад. на науките, 1990. 170 с.

12. Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских технологиях / Под ред. Н.Н. Каркищенко и С.В. Грачёва. Москва, 2010. 344 с.

13. Требования по защите лабораторных животных. Директива 86/609/ЕЕС Совета от 24 ноября 1986 г. [Электронный ресурс] http://www.bio.msu.ru/res/DOC365/Dir_2010_63_Rus-LASA.pdf (Дата обращения 21.01.2017).

14. Гематологический анализатор. Руководство пользователя Abacus junior 30 [Электронный ресурс] http://smirnov-med.ru/data/documents/Abacus-Junior30_UM_rev1.1-ru.pdf (Дата обращения 21.01.2017).

15. СанПиН 2.1.4.1074-01. Санитарные правила и нормы по обеспечению населения чистой питьевой водой в России. М.: Минздрав России, 2002. 62 с.

References

1. Trifonova T.A., Mishchenko N.V. Human ecology. Vladimir: Izd-vo VIGU, 2007. 154 p. (in Russian).

2. Adedara I.A., Awogbindin I.O., Adesina A.A., Oyebiyi O.O., Lawal T.A., Farombi E.O. Municipal landfill leachate-induced testicular oxidative damage is associated with biometal accumulation and endocrine disruption in rats // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2012. P. 288–294.

3. Leonard R., Ruben Z. Hematology reference values for peripheral blood of laboratory rats // *Lab. Anim. Sci.* 1986. V. 36 (3). P. 77–81.

4. Schriks M., Heringa M.B., van der Kooi M.M., de Voogt P., van Wezel A.P. Toxicological relevance of emerging contaminants for drinking water quality // *Water Res.* 2010. V. 44 (2). P. 461–476.

5. Sin ak P. Artificial intelligence in public health prevention of legionellosis in drinking water systems // *Sci. Total Environ.* 2014. V. 500–501. P. 139–146.

6. Fong T.T., Lipp E.K. Enteric viruses of humans and animals in aquatic environments: health risks, detection, and potential water quality // *Microbiology and molecular biology reviews.* 2005. V. 69. № 2. P. 1092–2172.

7. Yunusov Kh.B., Syomin I.A., Kozlova M. A., Areshidze D.A. Influence of the water cleared in the different ways on some hematologic indicators of mammals // *Bothalia Journal*, Pretoria, South Africa. Sep. 2014. P. 195–201.

8. Yunusov Kh.B., Syomin I.A., Kozlova M. A., Areshidze D. A. Influence of the water cleared in the different ways on a condition of tissue of liver and on blood

condition of mammals // *Wulfenia Journal* Klagenfurt. 2014. V. 21. № 11. P. 293–300.

9. Yunusov Kh.B. Improvement of ecological parameters of sewage by integration of various methods of cleaning // *Chemical and oil-and-gas mechanical engineering.* 2014. V. 21. № 112. P. 31–35.

10. GOST R 53434-2009. Principles of good laboratory practice. Technical requirements. M.: Standartinform, 2010. 11 p. (in Russian).

11. Denkov V.M. Laboratory animals. Sofiya: Izd-vo na Blg. akad. na naukite, 1990. 170 p. (in Bulgarian).

12. Manual for laboratory animals and alternative models in biomedical technology / Eds. N.N. Karkishchenko, S.V. Grachev. Moskva, 2010. 344 p. (in Russian).

13. The requirements for the protection of laboratory animals. Directive 86/609/EEC of the Council of 24 November 1986 [Electronic resource] http://www.bio.msu.ru/res/DOC365/Dir_2010_63_Rus-LASA.pdf (Date of the application 21.01.2017) (in Russian).

14. Hematology Analyzer. Abacus junior User's Manual 30 [Electronic resource] http://smirnov-med.ru/data/documents/Abacus-Junior30_UM_rev1.1-ru.pdf (Date of the application 21.01.2017) (in Russian).

15. SanPiN 2.1.4.1074-01. Sanitary rules and norms to provide the population with clean drinking water in Russia. M.: Minzdrav Rossii, 2002. 62 p. (in Russian).