

The dynamics of changes in morphometric indices of nephrons in white rats and white mice under the influence of the man-made pollutants

L. S. Shvets

Department of Medical Biology and Medical Genetics, National Medical University of Ivano-Frankivsk, Ukraine

Corresponding author: Shvets.L.S@mail.ru. Manuscript received February 04, 2013; accepted April 15, 2013

Abstract

In the research are presented the results of complex light-optical and electronic microscopic investigation of the nephrons in mature 40 white mice and 40 white rats, which were located in four Carpathian regions during 2 and 4 months. One region was relatively ecologically clean one, the next two regions presented two chemically polluted cities and the last one was the area of intensive radioactivity control. Morphometric parameters of nephrons (the diameter of renal bullock, glomerule afferent and efferent arterioles) have been studied on histological preparations coloured with hematoxylin-eosin and according to Masson, and on semi fine sections coloured with 1% methylene blue solution. The electronic and microscopic study of structural components of kidneys has been carried out by means of the microscope PEM-125 K. The correlation of these components has been established by a factor analysis in the experiment on animals. The same type of reactions of kidney filtration and reabsorption barrier to the lower doses of radiation and the influence of chemical mutagens has been observed. It is proved that the staying of the experimental animals in the investigated polluted areas causes the structural changes of a compensatory and adaptive character in kidneys.

Key words: nephrons, glomerule arterioles, environmental pollutants, rats, mice.

Реферат

Изучены результаты комплексного и электронно-микроскопического исследования нефронов 40 половозрелых белых мышей и 40 белых крыс, находившихся на территории четырех районов Прикарпатья – на условно экологически чистой территории, в двух химически загрязненных городах и в зоне усиленного контроля радиоактивности – в течение 2 и 4 месяцев. На гистологических препаратах, окрашенных гематоксилин-эозином и по Массону, и на полутонких срезах, окрашенных 1% раствором метиленового синего, изучены морфометрические параметры нефронов (диаметры почечного тельца, клубочковые приносящие и выносящие артериолы). Электронно-микроскопические исследования осуществлялись на микроскопе ПЕМ-125 К. В ходе эксперимента, с помощью факторного анализа, установлена взаимосвязь между исследуемыми структурными компонентами почек у животных. Прослеживается однотипность реакций фильтрационно-реабсорбционного барьера почек на низкие дозы радиации и влияние химических мутагенов. Установлено, что пребывание экспериментальных животных на исследуемых загрязненных территориях сопровождалось структурными изменениями в почках, которые носят компенсаторно-приспособительный характер.

Ключевые слова: нефроны, клубочковые артериолы, загрязнители окружающей среды, крысы, мыши.

Актуальность темы

В последние годы, в Украине сложилась сложная и неблагоприятная, а в некоторых районах даже угрожающая экологическая ситуация [1]. Антропогенное загрязнение окружающей среды является причиной многочисленных заболеваний человека, в том числе органов дыхания, пищеварения, сердечно-сосудистой и выделительной системы, кожного покрова и др. [2]. Большинство ксенобиотиков оказывают системное воздействие на организм человека, но почки, как главный экскреторный орган, являются наиболее уязвимыми [3]. В частности известно, что при значительной возможности кадмия и других тяжелых металлов накапливаться в тканях мозга крыс, коэффициент их накопления в почках больше в 1500 раз. Высокий уровень кровоснабжения и большая длина канальцевого аппарата обуславливают продолжительность контакта экотоксикантов и их метаболитов с эндотелиальными и эпителиальными клетками [4].

В связи с вышесказанным, актуальным вопросом медицины является изучение компенсаторных возможностей почек в условиях комплексного воздействия вредных факторов окружающей среды. Для объективной оценки интенсивности загрязнения разных районов Прикарпатья нами была проведена биоиндикация воды, почвы и воздуха с использованием общепринятых растительных

тест-объектов [5, 6]. Кроме того, определены частоты хромосомных aberrаций и aberrантных метафаз в клетках костного мозга беспородных белых крыс и мышей зрелого возраста, которые находились в течение двух и четырех месяцев на этих территориях [7].

Факторным анализом морфометрических характеристик компонентов почечных телец белых крыс и мышей в норме нами установлена взаимосвязь между ними [8].

Исходя из того, что подобные исследования в условиях эксперимента не проводились, цель нашей работы состояла в изучении особенностей морфометрических показателей нефронов почек белых крыс и мышей, при комплексном воздействии техногенных факторов окружающей среды разных экологических районов.

Материал и методы

Материалом исследования служили почки 40 половозрелых беспородных белых мышей и 40 половозрелых белых крыс, находившихся в течение двух и четырех месяцев в условно экологически чистой зоне г. Косова, химически загрязненных городах – Калуше и Бурштыне и в зоне усиленного радиологического контроля – с. Стецева Снятинского района. Последнее подтверждено Постановлением Кабинета Министров Украины № 106 от 23 июля 1991 года. Пищевой рацион животных состоял

из обычных местных продуктов и местной колодезной воды. Содержание белых крыс и мышей, а также манипуляции с ними проводились с соблюдением этических и законодательных норм и требований согласно Закона Украины «О защите животных от жестокого обращения» (от 21 февраля 2006 г.). Эвтаназия животных осуществлялась путем передозировки эфирного наркоза.

Для светооптического исследования кусочки ткани почки фиксировали в жидкости Буэна или ценкерформоле. Парафиновые срезы толщиной 5-7 мкм окрашивали гематоксилин-эозином и по Массону. У этих же животных осуществляли забор ткани почки, которую фиксировали в 2% растворе тетроксид осмия с последующей проводкой в спиртах возрастающей концентрации и заливкой в смесь смол эпон-аралдит. Полутолстые срезы получены на ультратоме УМТП-6 с последующей их окраской 1% раствором метиленового синего. Электронно-микроскопические исследования осуществлялись на микроскопе ПЕМ-125 К. У каждого животного проанализированы по 50 почечных телец с приносящими и выносящими артериолами. Морфометрические показатели определяли с помощью микроскопа Micros Austria (фотокамера DCM 900) с использованием программы Biovision 4.1 фирмы West Medica HandlesgmbH.

Для определения статистической значимости (р) корреляций между показателями использовали компьютерную программу факторного анализа "Excel", входящую в состав пакета Microsoft Office.

Результаты исследования

С учетом результатов биоиндикации интенсивности загрязнения окружающей среды морфометрические показатели почечных телец, клубочков, приносящих и выносящих артериол у животных из г. Косова были приняты как контрольные. Сравнительным анализом диаметров почечных телец и клубочков белых крыс и мышей, которые находились в условно экологически чистой зоне в течение двух и четырех месяцев, не выявлено достоверных различий между этими показателями (табл. 1).

Данный факт подтвержден и соотношением диаметров клубочков и почечных телец. Ультраструктурных изменений их клеточных компонентов в зависимости от срока пребывания животных в экологически чистом населенном пункте также не отмечено. Между количественными характеристиками приносящих и выносящих артериол экспериментальных животных также не установлено зависимости от срока их пребывания на контрольной территории. Одновременно наблюдалась тенденция к увеличению просвета клубочковых артериол у белых крыс, которые содержались в г. Косов четыре месяца. У белых мышей подобной тенденции не отмечено.

В почках крыс, находившихся в химически загрязненном г. Калуше в течение двух месяцев, наблюдались единичные сморщенные почечные тельца и клубочки, малокровие сосудистых петель клубочка (табл. 2).

Диаметры почечных телец увеличивались на 1,76% ($p > 0,05$), а клубочков не изменялись по сравнению с контролем. Одновременно во многих клубочках обнаружено увеличение количества фильтрационных щелей между цитоподиями подоцитов, а также гипертрофия и гиперплазия эндотелиоцитов клубочковых капилляров что, возможно, обуславливает сужение их просвета. Приносящие артериолы и их просветы сужались соответственно на 6,33 и 8,72%, а выносящие – на 5,43 и 3,83% ($p > 0,05$). Превалирование уменьшения просвета приносящих сосудов, по нашему мнению, может быть связано с более частым обнаружением в стенке артериолы юкстагломерулярных (ЮГ) клеток с электронно-плотными гранулами.

Изменения структурных компонентов нефронов почек мышей после двухмесячного пребывания на этой химически загрязненной территории проявлялись увеличением диаметров почечных телец и клубочков соответственно на 4,09 и 1,50% ($p > 0,05$) сравнительно с контролем (табл. 2). Наряду с этим некоторые тельца имели умеренные размеры, увеличенные просветы капсулы. Наблюдались единичные склеротизированные приносящие и выносящие клубочковые артериолы. При морфометрии обнаружено сужение афферентных артериол и их

Таблица 1

Морфометрические показатели нефронов исследуемых животных, которые пребывали на контрольной территории (г. Косов), $M \pm m$

Диаметры, мкм	Длительность пребывания белых крыс (А) и белых мышей (Б)			
	А		Б	
	2 мес	4 мес	2 мес	4 мес
Почечного тельца	127,45 ± 7,91	127,93 ± 5,16	74,04 ± 6,60	73,61 ± 7,09
Клубочка	111,68 ± 8,13	111,07 ± 6,90	68,50 ± 6,25	67,93 ± 6,42
Приносящей артериолы: сосуда просвета	25,71 ± 2,64 6,98 ± 0,71	25,04 ± 1,98 7,02 ± 0,69	21,02 ± 1,59 5,16 ± 0,56	20,72 ± 1,94 5,01 ± 0,48
Выносящей артериолы: сосуда просвета	17,72 ± 1,65 6,23 ± 0,61	17,90 ± 1,82 6,31 ± 0,57	14,01 ± 2,35 4,56 ± 0,87	14,33 ± 1,82 4,25 ± 0,57
Соотношение диаметров клубочка и почечного тельца	0,88 ± 0,09	0,87 ± 0,07	0,93 ± 0,09	0,92 ± 0,08

Таблица 2

Морфометрические показатели нефронов исследуемых животных, которые пребывали в химически загрязненном городе Калуше, $M \pm m$

Диаметры, мкм	Длительность пребывания белых крыс (А) и белых мышей (Б)			
	А		Б	
	2 мес	4 мес	2 мес	4 мес
Почечного тельца	129,69 ± 10,86	133,97 ± 9,58	77,07 ± 8,02	78,43 ± 9,10
Клубочка	112,34 ± 10,18	113,22 ± 8,31	69,53 ± 7,14	70,01 ± 6,95
Приносящей артериолы: сосуда просвета	24,18 ± 3,20 6,42 ± 0,69	22,39 ± 1,95 6,05 ± 0,41*	19,10 ± 2,05 4,72 ± 0,53	17,98 ± 1,47* 4,45 ± 0,32
Выносящей артериолы: сосуда просвета	16,03 ± 2,12 6,00 ± 0,74	13,69 ± 1,88* 5,85 ± 0,68	13,34 ± 1,60 4,22 ± 0,51	12,86 ± 1,51 4,03 ± 0,29
Соотношение диаметра клубочка и почечного тельца	0,87 ± 0,08	0,83 ± 0,09	0,90 ± 0,06	0,89 ± 0,09

Примечание: * - $p < 0,05$ различия показателей с контролем.

просветов на 5,24 и 9,32% ($p > 0,05$), эфферентных – соответственно на 5,02 и 8,06% ($p > 0,05$) по сравнению с контрольными показателями. У этих животных, как и у крыс, чаще идентифицировались юстагломерулярные клетки в средней оболочке приносящей артериолы в отличие от контроля. В почках белых крыс и мышей из вышеуказанного города в первом сроке эксперимента соотношение диаметра клубочка и почечного тельца незначительно уменьшилось по сравнению с контрольными данными.

В почках крыс, которые пребывали на данной территории на протяжении четырех месяцев, встречались единичные гипертрофированные, а в некоторых полях зрения атрофированные почечные тельца. Исследования показали, что в общем их диаметры увеличивались на 3,30% ($p > 0,05$), а клубочков – не изменялись сравнительно с предыдущим сроком эксперимента. В эндотелии клубочковых капилляров определяли поры и фенестры. Размеры последних в среднем достигали 64 нм. Их наличие может свидетельствовать о функциональном напряжении клетки. С помощью морфометрического анализа установлено сужение афферентных и эфферентных артериол на 7,99% ($p > 0,05$) и 17,09% ($p < 0,05$), а их просветов соответственно на 6,12 и 2,65% ($p > 0,05$) по сравнению с таковыми у животных находившихся в г. Калуше два месяца. ЮГ клетки идентифицированы в обеих клубочковых артериолах.

После четырехмесячного пребывания белых мышей на этой же территории в их почках встречались многочисленные гипертрофированные почечные тельца, в некоторых участках коркового вещества наблюдались слабо выраженные признаки их атрофии. Морфометрические параметры клубочков достоверно не изменялись, а параметры почечных телец увеличивались на 1,76% по сравнению с таковыми животных, которые были выведены из эксперимента через два месяца ($p > 0,05$). Диаметры

приносящих артериол и их просветов уменьшались на 6,73 и 6,07% ($p > 0,05$). Незначительным было сужение выносящих артериол: диаметров – на 3,73%, их просветов – на 4,71% ($p > 0,05$). После четырехмесячного пребывания в химически загрязненном Калуше соотношение диаметра клубочка и почечного тельца уменьшилось у белых крыс на 8,97%, а у мышей на 3,53% по сравнению с показателями исследуемых животных, пребывающих в этом городе в течение двух месяцев. Ультраструктура гранул ЮГ клеток электронноплотная, редко встречаются гранулы, выделяющие свое содержимое.

По данным областной СЭС и результатам наших предыдущих исследований по тестированию загрязнения воды, почвы и воздуха большая интенсивность химически вредных факторов выявлена на территории г. Бурштына. Поэтому важно было определить наличие или отсутствие корреляций степени загрязнения окружающей среды с показателями структурных характеристик почек экспериментальных животных, находившихся на вышеупомянутой территории. Установлено, что в почках белых крыс после двухмесячного пребывания в г. Бурштыне наблюдалась сходная тенденция динамики морфометрических показателей по сравнению с вышеописанными показателями у животных из г. Калуша (табл. 3).

Диаметры почечных телец и клубочков были больше соответственно на 6,68 и 2,42% по сравнению с таковыми в контроле ($p > 0,05$). Изменения показателей сосудов клубочков были более значимыми: диаметры приносящих артериол уменьшались на 19,69% ($p < 0,05$), их просветов – на 17,71% ($p < 0,05$). Выносящие артериолы и их просветы сужались заметнее, чем приносящие, по сравнению с контролем, соответственно на 25,22 ($p < 0,05$) и 13,12% ($p > 0,05$). В средней оболочке артериолы некоторых ЮГ клетки располагались в два ряда.

У белых мышей обнаружена такая же динамика изучаемых показателей как и у крыс, пребывающих в хими-

Таблица 3

Морфометрические показатели нефронов исследуемых животных, которые пребывали в химически загрязненном городе Бурштыне, М ± m

Диаметры, мкм	Длительность пребывания белых крыс (А) и белых мышей (Б)			
	А		Б	
	2 мес	4 мес	2 мес	4 мес
Почечного тельца	135,96 ± 12,05	148,19 ± 15,33*	79,96 ± 6,32	87,89 ± 9,06*
Клубочка	114,38 ± 11,06	117,69 ± 12,07	70,01 ± 5,88	74,05 ± 8,45
Приносящей артериолы: сосуда просвета	21,48 ± 3,06* 5,93 ± 0,74*	20,17 ± 2,55* 5,02 ± 0,47*	18,23 ± 1,31* 4,64 ± 0,39	16,65 ± 2,04* 4,18 ± 0,53
Выносящей артериолы: сосуда просвета	14,13 ± 2,76* 5,51 ± 0,49	12,86 ± 1,91* 4,91 ± 0,43*	12,73 ± 0,97 4,08 ± 0,40	11,33 ± 1,41* 3,86 ± 0,50
Соотношение диаметров клубочка и почечного тельца	0,84 ± 0,08	0,79 ± 0,09	0,86 ± 0,07	0,84 ± 0,09

Примечание: * - $p < 0,05$ различия показателей с контролем.

чески загрязненном городе Бурштыне. В первом сроке эксперимента наблюдалось более выраженное увеличение количества гипертрофированных почечных телец по сравнению с животными из г. Калуша. Диаметры почечных телец увеличивались на 8,00%, клубочков – на 2,20% ($p > 0,05$) сравнительно с контролем. Это подтверждено уменьшением соотношения почечного тельца и клубочка и свидетельствует о расширении просвета капсулы Шумлянско-Боумена. В клубочках наблюдалось слабо выраженное кровенаполнение и оттеснение петель капилляров к одному из полюсов. Установлено сужение афферентных артериол и их просветов на 15,30 ($p < 0,05$) и 11,21% ($p > 0,05$), эфферентных – соответственно на 10,05 и 11,76% ($p > 0,05$).

После четырехмесячного пребывания белых крыс в химически загрязненном населенном пункте в их почках отмечен полиморфизм почечных телец: гипертрофия большинства из них и в единичных – атрофия. Отдельные клубочки отличались большими размерами. Именно в них отмечено значительное количество эндотелиоцитов и мезангиоцитов. В отдельных клубочках наблюдалось утолщение капсулы. Диаметры почечных телец и клубочков увеличивались на 9,00 и 2,89% ($p > 0,05$), а приносящих артериол и их просветов уменьшались соответственно на 6,49 и 18,13% ($p < 0,05$) по сравнению с таковыми у животных, которые были выведены из эксперимента через два месяца. Выносящие артериолы и их просветы сужались на 10,03 и 12,22% ($p < 0,05$) в динамике эксперимента.

В почках белых мышей, которые в течение четырех месяцев находились на территории г. Бурштына, диаметры почечных телец и клубочков увеличивались на 9,92 и 5,77% по сравнению с показателями животных после двухмесячного пребывания в этом городе. Одновременно диаметры приносящих артериол и их просветов уменьшались соответственно на 9,49 и 11,00%, выносящих – на 12,36 ($p < 0,05$) и 5,70% ($p > 0,05$) сравнительно с преды-

дущим сроком эксперимента. В почках белых крыс после четырехмесячного пребывания на данной химически загрязненной территории соотношение диаметров клубочков и почечных телец уменьшилось на 6,33%, а у мышей на 3,57% сравнительно с двухмесячным сроком эксперимента.

Пребывание белых крыс в зоне усиленного радиологического контроля в течение двух месяцев сопровождалось незначительным гетероморфизмом коркового вещества, в котором встречались единичные гипертрофированные и сморщенные почечные тельца и клубочки. В некоторых участках отмечено расширение просвета капсулы Шумлянско-Боумена. Выявлено достоверное увеличение почечных телец на 1,50% по сравнению с контрольными показателями (табл. 4).

Диаметры клубочков также существенно не менялись, соответственно соотношение этих показателей уменьшилось незначительно. В первом сроке эксперимента определялось сужение артериол и их просветов: приносящих соответственно на 3,84 и 9,72% ($p > 0,05$), выносящих – на 17,74 и 14,94% ($p < 0,05$), что может быть морфологическим проявлением застоя крови в микроциркуляторном русле почечных телец.

В почках белых мышей обнаружена подобная тенденция изменений морфометрических показателей после двухмесячного пребывания в зоне усиленного радиологического контроля. Диаметры почечных телец увеличивались на 5,62%, клубочков – не менялись. Приносящие артериолы сужались на 2,74%, их просветы – на 6,39% ($p > 0,05$), выносящие соответственно на 6,46 и 4,35% ($p > 0,05$). Соотношение диаметров клубочка и почечного тельца уменьшилось на 2,33% сравнительно с контролем.

Результаты исследования морфометрических параметров почечных телец и клубочков почек крыс после четырехмесячного пребывания в зоне усиленного радиологического контроля достоверно не отличались от показателей животных, которые находились в эксперименте в

течение двух месяцев. Диаметры афферентных артериол уменьшались на 6,78% ($p > 0,05$), их просветы оставались неизменными. Эфферентные артериолы клубочков и их просветы сужались незначительно соответственно на 5,10 и 2,85% ($p > 0,05$). В почках мышей, которые находились в этом же районе в течение четырех месяцев, обнаружено незначительное увеличение диаметров почечных телец и клубочков соответственно на 5,28 и 2,14% ($p > 0,05$) по сравнению с предыдущим сроком эксперимента. В то же время диаметры приносящих артериол и их просветов уменьшались соответственно на 5,63 и 7,30% ($p > 0,05$). Выносящие артериолы сужались на 2,89% ($p > 0,05$), их просветы – на 9,25% ($p > 0,05$). Соотношение диаметров клубочка и почечного тельца в почках белых крыс после четырехмесячного пребывания в зоне усиленного радиационного контроля уменьшилось на 1,18%, а у мышей – на 2,33% по сравнению с предыдущим сроком эксперимента.

В эпителии проксимальных канальцев экспериментальных животных со всех исследуемых территорий с увеличением срока эксперимента чаще проявлялись признаки атрофии.

Взаимосвязь компонентов нефрона, обеспечивающих фильтрационную функцию почек, подтверждена данными факторного анализа. Исследование корреляционных матриц определило наибольшую значимость трех факторов (98% изменчивости). Как и в контроле, первый из них объединяет все показатели величины диаметров почечного тельца, клубочка, клубочковых артериол и их просветов положительной корреляционной связью. Он рассматривается как фактор единства компонентов нефрона. Только диаметры просветов выносящей и приносящей клубочковых артериол проявляют индивидуальную изменчивость и связаны с действием второго и третьего факторов, что особенно выражено у мышей.

Сопоставление действующих факторов свидетель-

ствует о том, что у крыс и мышей имеются 4-5 популяций нефронов с преобладанием двух из них, которые различаются по соотношению диаметров почечных телец, их клубочков и клубочковых артериол. Такая гетерогенность нефронов определяет различия в строении микроциркуляторного русла почек. Они обусловлены уровнем развития жизненно важных органов, а также средой обитания.

Обсуждение

Среди актуальных проблем теоретической и клинической медицины особое место занимают вопросы регуляции постоянства внутренней среды организма. Одним из важнейших органов, обеспечивающих гомеостаз, являются почки, реакция которых на воздействие загрязнителей окружающей среды непосредственно отражается на состоянии здоровья [10].

В целом у всех экспериментальных животных были обнаружены такие морфо-функциональные нарушения, которые характеризовались неравномерным кровенаполнением сосудов микроциркуляторного русла клубочка, полиморфизмом почечных телец. Морфометрический анализ почек белых крыс и мышей всех исследуемых территорий обнаружил уменьшение соотношения диаметра клубочка и диаметра почечного тельца по сравнению с контрольными данными и в динамике эксперимента, что проявлялось незначительным расширением просвета капсулы с накоплением первичной мочи [4].

Согласно мнению других авторов, эти изменения являются результатом гемодинамических нарушений в сосудистом клубочке, и соответственно, в фильтрационном барьере почки, которые реагируют на влияние экотоксикантов [3, 9].

Увеличение параметров почечных телец и клубочков может свидетельствовать об адаптационных процессах клубочковой фильтрации и образовании первичной мочи.

Таблица 4

Морфометрические показатели нефронов исследуемых животных, которые пребывали в зоне усиленного радиологического контроля, $M \pm m$

Диаметры, мкм	Длительность пребывания белых крыс (А) и белых мышей (Б)			
	А		Б	
	2 мес	4 мес	2 мес	4 мес
Почечного тельца	129,36 ± 9,28	131,92 ± 10,31	78,20 ± 5,76	82,33 ± 7,54
Клубочка	110,71 ± 9,52	111,95 ± 6,38	68,63 ± 4,83	71,12 ± 6,98
Приносящей артериолы: сосуда просвета	24,76 ± 2,41 6,36 ± 0,48	23,19 ± 1,95 6,41 ± 0,61	20,46 ± 1,74 4,85 ± 0,31	19,37 ± 2,03 4,52 ± 0,55
Выносящей артериолы: сосуда просвета	15,05 ± 1,14* 5,42 ± 0,47*	14,32 ± 0,98* 5,27 ± 0,52*	13,15 ± 0,88 4,37 ± 0,31	12,79 ± 1,04 4,00 ± 0,42
Соотношение диаметров клубочка и почечного тельца	0,86 ± 0,09	0,85 ± 0,06	0,88 ± 0,07	0,86 ± 0,09

Примечание: * - $p < 0,05$ различия показателей с контролем.

Однако, недостоверное уменьшение вышеуказанных показателей в почках экспериментальных животных из химически загрязненного города Калуша, может быть обусловлено разной природой экотоксикантов. В нефротелии проксимальных канальцев экспериментальных животных со всех исследуемых территорий с увеличением срока эксперимента чаще проявлялись признаки атрофии, поскольку реабсорбция и секреция веществ наиболее активно происходит в этом отделе нефрона. Соответственно, эпителий данного сегмента поддается более значительному токсическому влиянию ксенобиотиков, чем эпителий дистальных канальцев, что подтверждается данными литературы [4, 10].

Изучение структурной организации почек беспородных белых крыс и мышей, которые находились в зоне усиленного радиологического контроля, подтвердило мнение многих авторов об однотипности реакций фильтрационно-реабсорбционного барьера почек на низкие дозы радиации и влияние химических мутагенов [4]. Одновременно изменения в почках экспериментальных животных, которые находились в зоне усиленного радиологического контроля, оказались менее выраженными, по сравнению с животными из химически загрязненных городов. Это можно объяснить тем, что пребывание опытных животных на территории этих городов сопровождалось структурными изменениями в почках, которые носят компенсаторно-приспособительный характер, что согласуется с данными других авторов [3, 11]. Кроме того, нами доказано, что изменения структурных компонентов почки зависят от длительности воздействия техногенных факторов на организм животных.

Сужение клубочковых артериол и их просветов может быть проявлением застоя крови в микроциркуляторном русле почечных телец, что сопровождается активацией функции ЮГ клеток.

Выводы

Установлены подобные структурно-функциональные изменения почечных телец, клубочков, клубочковых артериол у белых крыс и мышей, которые находились на территории химически загрязненных городов и в зоне усиленного радиологического контроля в зависимости от продолжительности эксперимента: на первом этапе преобладание адаптационных, а на втором – компенсаторно-приспособительных механизмов. Доказано увеличение морфометрических параметров нефронов (диаметров почечных телец и клубочков) в зависимости от степени техногенного загрязнения. Одновременно установлено уменьшение диаметров клубочковых артериол и их просветов с активацией биосинтетических процессов в ЮГ клетках.

Перспективы последующих исследований

Подлежит выяснению суть морфометрических корреляций между юктагломерулярным комплексом и компонентами нефрона почек изучаемых животных, а также установление возможных изменений в строении эндокринного аппарата почек под воздействием техногенных факторов окружающей среды.

References

1. Agadjaian NA. Ecologicheskaya fiziologiya: problema adaptatsii i strategiya vyzhivania. Materialy X Mezhdunarodnogo simpoziuma. "Ecologo-fiziologicheskie problemy adaptatsii" [Ecological Physiology: the Problem of Adaptation and Strategy of Survival. Materials of the Xth International Symposium "Ecological, Physiological Problems of Adaptation"]. RUDN. 2001;5-12.
2. Semianiv OI. Vpliv sabrudnenia dovkillia v Ivano-Frankivskii oblasti na zdorovia naselenia [Impact of environmental pollution in Ivano-Frankivsk region upon it's population health]. *Dovkillia ta zdorovia [Environment and Health]*. 2000;1(12):45-51.
3. Stusi VP. Koreliatsiina zalezhnosti morfologichnikh zmin u nircakh eksperimentalnykh tvarin vid rivnea nacopicennia vajkikh metaliv pri dii shchidlivih factoriv ghirnicinodobuvnoy promislivosti [Correlation of morphological changes in the kidneys of experimental animals on the level of accumulation of heavy metals due to the exposure to the hazards of mining industry]. *Urologhia [Urology]*. 2003;1:80-93.
4. Sicora VV, Fomina KO. Morfogenez niroc shuriv v umovah vplivu ionizuiuchinoi radiatsii i solei vajkikh metaliv [Morphogenesis of rat kidneys under the influence of ionizing radiation and heavy metal salts]. *Ukrainskii morfologichiniy alimanakh [Ukrainian Morphological Almanakh]*. 2007;2:75-78.
5. Shvetzi LS. Bioindicatsiya intensivnosti zabrudnenia dovkillia za pocaznicami fertilitnosti pilcovih zeren riznih roslin [Intensity bioindication of environmental pollution in terms of fertility of pollen grains of different plants]. *Dosiagnennia biologii ta meditsiny [Achievements of Biology and Medicine]*. 2011;1(17):41-44.
6. Shvets LS. Vznacennia tsito- i genotocshichnosti pitnoy vody s riznikh raioniv Prikarpatia [Determination of cyto- and genotoxicity of drinking water from different areas of Prikarpatie]. *Naukovii visnik Uzhgorodskogo universitetu. Seria Meditsina. [Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Seria Medicine]*. 2011;3(42):41-44.
7. Shvets LS, Kovalichuk LE. Tsitogenetichiny markeri mutagennoho zabrudnenia dovkillia riznikh rayoniv Prikarpatia. [Cytogenetic markers of mutagenic environmental pollution of different areas of Prikarpatie]. *Galitskiy likarskiy visnik [Galich Physicians' Bulletin]* 2011;1:104-106.
8. Shvets LS. Vznacennia funktsionalnoy ednosti componentiv nefronu bilikh mishei i shuriv metodami bagatomirnoi statistiki [Determination of the functional nephron components unity in white mice and rats by multivariate statistical methods]. *Klinichina anatomia ta operativna khirurgia [Clinical Anatomy and Operative Surgery]*. 2012;4:51-54.
9. Erstenyuk GM, Delitsova OI. Morfologichina perebudova nirchi za umov corectsii kadmievoi intoksikatsii unitiolom [Kidney morphological alteration in condition of correction of cadmium intoxication by means of unitiol]. *Galitskii likarskii visnik [Galich Physicians' Bulletin]*. 2002;9(2):31-32.
10. Romaniv LV. Fiziologichiny ta patofiziologichiny aspekty vikovikh osoblivostei diialnosti niroc. [Physiological and pathophysiological aspects of age peculiarities of kidney functioning]. *Visnik problem biologii i meditsiny [Bulletin of Problems of Biology and Medicine]*. 2008;2:16-21.
11. Kuzimenko YuYu, Shevchenko OO, Kuftieva TP. Morfofunktsionalny smini sudin gemomicrotsirkulatornogo rusla nirchi v ranni terminy eksperimentu pri dii velikikh doz metiltretbutilovogo efiru [Morphofunctional vascular changes of haemomicrocirculatory kidney bed in the early stages of the experiment under the action of high doses of methyl ether]. *Ukrainskii morfologichiniy alimanakh [Ukrainian Morphological Almanakh]*. 2009;1:48-50.