

УДК 611.611-092.9:537.811(23.03)

**РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЧКИ КРЫС ПОД ДЕЙСТВИЕМ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ  
МОЩНОСТЬЮ 35 кВт В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ**

*И.А. Абдумаликова*

Произведено исследование изменений со стороны кровеносного русла и мочевых путей почек крысы при воздействии факторов открытых распределительных устройств мощностью 35 кВт в условиях высокогорной гипоксической гипоксии. Установлено увеличение органного кровотока, дилатация и полнокровие междольковых артерий, усиление расщепления внутренней эластической мембраны дуговых артерий, перитурбулярной капиллярной сети; ремоделирование юкстагломерулярного аппарата почки.

*Ключевые слова:* ремоделирование; почки; открытые распределительные устройства; электромагнитные излучения; высокогорье.

---

**БИЙИК ТООЛУУ ШАРТТА КУБАТТУУЛУГУ 35 кВт  
БОЛГОН АЧЫК БӨЛҮШТҮРҮҮЧҮ ТҮЗҮЛҮШТӨН ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК  
НУРЛАНДЫРУУ АРКЫЛУУ КЕЛЕМИШТЕРДИН БӨЙРӨГҮН РЕМОДЕЛДӨӨ**

Бул макалада бийик тоолуу кычкылтектин жетишсиздик шартында кубаттуулугу 35 кВт болгон ачык бөлүштүрүүчү түзүлүштүн факторлорунун таасири менен келемиштин кан айлануу жана заара жолдорунун өзгөрүүлөрү изилдөөгө алынды. Органдын кан жүгүрүүсүнүн жогорулашы, бөлүктөрдүн ортосундагы кан тамырлардын дилатациясы жана толук кандуулугу, догоо түрүндөгү кан тамырлардын, перитурбулярдык капиллярдык тамырлардын ички эластикалык мембранасынын бөлүнүшүн күчөтө тургандыгы аныкталды.

*Түйүндүү сөздөр:* ремоделдөө; бөйрөктөр; ачык бөлүштүрүүчү түзүлүш; электромагниттик нурлануулар; бийик тоолуу.

---

**REMODELING THE KIDNEYS OF RATS UNDER THE EFFECT  
OF ELECTROMAGNETIC RADIATIONS OF OPEN SWITCHGEARS  
OF 35 kW IN THE CONDITIONS OF HIGHLANDS**

*I.A. Abdumalikova*

The article considers the changes in the bloodstream and the urinary tract of the rat kidney under the action of factors of open switchgear with a capacity of 35 kW in the conditions of high-altitude hypoxic hypoxia. The increase of organ blood stream, dilatation and plethora of interlobular arteries, strengthening of breaking up of internal elastic membrane of arc arteries, is set, of periturbular of capillary network; remodeling of juxtaglomerular apparatus of the kidney.

*Keywords:* remodeling, kidneys; open switchgear; electromagnetic radiation; highlands.

**Актуальность.** Большую часть территории Кыргызстана занимают горы, покрытые ледниками и являющиеся источником мощных горных рек, на которых построены и планируется построить современные ГЭС. Ремонт и обслуживание ГЭС, высоковольтной линии электропередач, открытых распределительных установок (ОРУ) под напряже-

нием в обычных условиях обитания вызывают нарушение гомеостаза экспериментальных животных и человека [1, 2]. Наряду с этим особенности действия ОРУ на организм на больших горных высотах остаются неизученными. Между тем известно, что нормальная работа трансформаторов нарушается при воздействии внешних электромагнитных полей

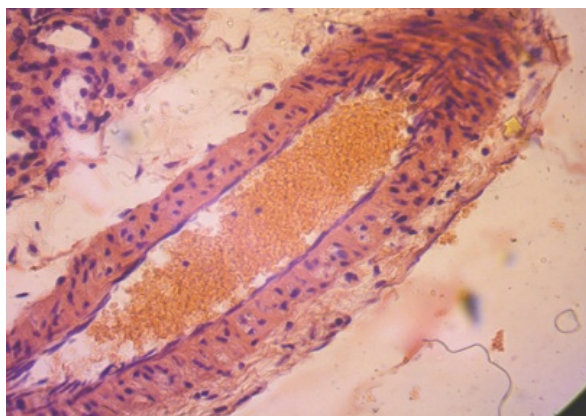


Рисунок 1 – Поперечный срез междольковой артерии почки опытной крысы. Заливка в парафин, х 400

и других факторов окружающей среды [3, 4]. Естественным образом встает проблема защиты работников энергетической отрасли, работающих на различных электроустановках в условиях высокогорья. Прежде чем разработать меры защиты, необходимо установить характер изменений в организме в этих условиях.

**Целью** настоящей работы явилось выяснение изменений кровеносного русла и мочевых путей почек у крыс, подвергшихся действию ОРУ-35 в течение 8 часов на высоте 3200 м над ур. моря.

**Материал и методы исследования.** Работа выполнена на 10 белых лабораторных крысах-самцах весом 170–210 г с соблюдением “Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях”. Животные в металлических клетках транспортировались на перевал Туя-Ашуу (высота 3200 м над ур. моря). В качестве контроля служили пять крыс, которые находились в помещении вивария, остальные (опытные) пять крыс помещались на расстоянии 20 см от ОРУ напряжением 35 кВ в течение 8 часов.

**Результаты исследования.** Междольковые артерии почек опытных крыс отличаются полнокровием и более широким просветом, чем данные в контроле (рисунок 1).

Дуговые артерии характеризуются усилением расщепления внутренней эластической мембраны с образованием дополнительных тонких мембран. На перевале Туя-Ашуу происходит централизация кровообращения и сопряженное с нею увеличение объемной скорости почечного кровотока с  $248 \pm 32,5$  мл/(мин·100 г) до  $322,9 \pm 87,1$  мл/(мин·100 г),

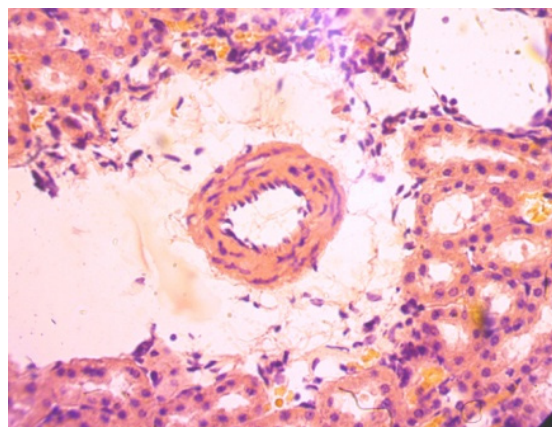


Рисунок 2 – Поперечный срез дилатированной дуговой артерии опытной почки крысы. Заливка в парафин, х 400

что повышает функциональную нагрузку на дуговые артерии в регуляции внутриоргана кровообращения. Следовательно, расщепление внутренней эластической мембраны дуговых артерий обусловлено тем, что находясь в юкстамедуллярной области, в так называемой распределительной зоне почки, они постоянно испытывают на себе различные изменения в режиме органного кровообращения.

Одновременно с расщеплением внутренней эластической мембраны отмечается дилатация дуговых артерий (рисунок 2), что обеспечивает основной избыточный сброс крови в юкстамедуллярной зоне.

На уровне дуговых артерий совершается постоянная регуляция кровотока по междольковым артериям коркового вещества почки посредством мышечно-эластических сфинктеров (рисунок 3). Эти сфинктеры, периодически смыкаясь и размыкаясь, обеспечивают перемежающуюся активность междольковых артерий, а через них и капиллярных клубочков почечного тельца.

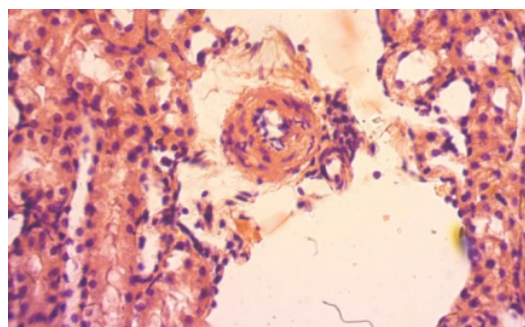


Рисунок 3 – Поперечный срез сфинктера междольковой артерии опытной крысы. Заливка в парафин, х 400

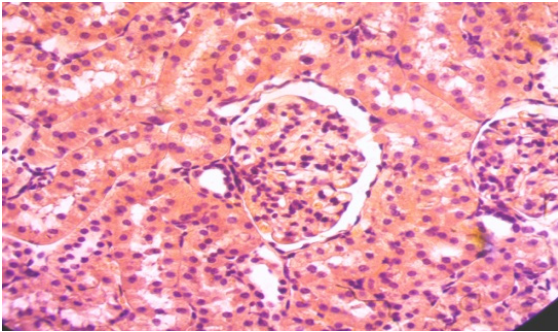


Рисунок 4 – Почечное тельце опытной крысы.  
Заливка в парафин, x 400

Дать однозначную характеристику состоянию междольковых артерий не удастся: одни из них дилатированы, другие – спазмированы, третьи – без особых изменений. Видимо, все зависит от напряженности функции отходящих от них приносящих артериол и уровня фильтрационной активности в капиллярных сплетениях почечного тельца. Там, где междольковые артерии дилатированы, а отходящие от них приносящие артериолы увеличены в диаметре, наблюдается полнокровие увеличенных сосудистых клубочков. Значительно реже встречаются мелкие, “сморщенные” клубочки, окруженные более объемным мочевым пространством (рисунок 4).

Характерной особенностью микроциркуляторного русла является более интенсивная перитубулярная капиллярная сеть, особенно вокруг проксимальных канальцев.

Общим отличием венозного русла почки от данных контрольных животных выступает выраженное полнокровие, начиная от звездчатых вен, и кончая магистральным стволом почечной вены. Так как вены коркового вещества построены по типу синусоиды, их чрезвычайное полнокровие напоминает кровоизлияние в паренхиму органа. Хотя дуговые вены также лишены мышечных элементов благодаря наличию пластинки из коллагеновых волокон вокруг эндотелия, их полнокровие четко отличается от одиночных очагов кровоизлияний (рисунок 5).

Особое внимание обращают на себя прямые артерии, спускающиеся от дуговых артерий в мозговое вещество, и прямые вены, поднимающиеся из мозгового вещества к дуговым венам, прежде всего тем, что объем прямых вен значительно превосходит объем прямых артерий, что несомненно способствует удалению из интерстиция почек воды и солей, попавших туда из ремоделированных

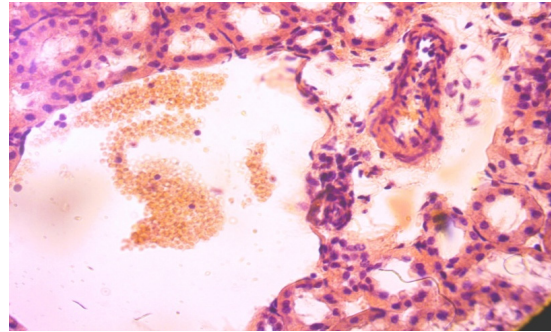


Рисунок 5 – Полнокровие дуговых вен.  
Заливка в парафин, x 400

мочевых канальцев. Другими словами, прямые сосуды, представляя собой противоточно-обменную систему, сохраняют осмотическую концентрацию в мозговом веществе почки.

Наряду с кровеносным руслом, хотя и в меньшей степени, ремоделированию подвергаются и мочевыводящие пути почки. Прежде всего, часто отмечается нарушение целостности висцерального листка капсулы Шумлянско – Боумана с появлением эритроцитов в мочевом пространстве. Нередко встречается огрубение париетального листка капсулы с интенсивным окрашиванием. В этих случаях сосудистый полюс клубочка проявляется под микроскопом слабо, а мочевое пространство увеличивается в объеме.

Проксимальные канальцы отдельных нефронов лишаются щеточной каемки, исчезает складчатость цитолеммы базальной поверхности кубических эндотелиоцитов, что затрудняет переход реабсорбированных субстратов в цитоплазму клеток стенки канальцев, отсюда в интерстиций, затем в кровь, протекающую по перитубулярной капиллярной сети. Не исключено нарушение и секреторной функции проксимальных канальцев.

Детализировать тонкости перестройки тонких сегментов петли Генли под световым микроскопом нет возможности, но удается обнаружить утолщение плоского эпителиального покрова их стенки. Надо полагать, что это меняет процесс преобразования осмолярности мочи на этом участке нефрона.

Изменения дистальных канальцев касаются главным образом плотного пятна, соприкасающегося с приносящей и выносящей артериолами сосудистого клубочка. Это, по всей вероятности, меняет функцию юкстагломерулярного аппарата, что требует специального изучения.

Далее заслуживает внимания расширение просвета собирательных трубочек, протоков Беллини

и отверстий на решетчатом поле, где открываются эти протоки. При этом отмечается нарушение прозрачности просвета этих образований, что, скорее всего, связано с изменением состава мочи.

**Обсуждение.** В нашем эксперименте животные подвергались перекрестному действию высокогорной гипоксической гипоксии, электромагнитных колебаний и излучений ОРУ35 кВт. Надо полагать, каждый из этих факторов потенцирует действия другого. В результате усиливаются изменения в организме и отличаются от данных, полученных у человека и животных при воздействии ОРУ в обычных условиях окружающей среды.

Как отмечают в своей статье Ю.Х.-М. Шидаков и соавт. [5], у здоровых крыс изменения почек выражены значительно меньше, чем у наших опытных животных. В частности, это относится к ремоделированию кровеносного русла и мочевых путей почки. С другой стороны, действие факторов ОРУ в обычных условиях среды вызывает значительно меньше изменений, чем на уровне высокогорья. Установленные отличия могут быть связаны как с изменением электромагнитного поля и излучения ОРУ в условиях высокогорья, так и с ремоделированием резистентности организма к этим факторам на фоне высокогорной гипоксической гипоксии.

#### Литература

1. *Шпак А.А.* Исследования влияния электромагнитных полей (ЭМП) и электромагнитных излучений (ЭМИ) на биообъекты / А.А. Шпак, В.В. Новиков // Биомедицинская инженерия и электроника. 2017. № 4. С. 1–17.
2. *Ашуев Р.М.* Оценка уровня магнитного поля трансформатора / Р.М. Ашуев // Технические науки в России и за рубежом: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Москва, январь 2015 г.). М.: Буки-Веди, 2015. С. 43.
3. *Шидаков Ю.Х.-М.* О ремоделировании микроциркуляции под действием коронного разряда высоковольтной линии электропередач в условиях высокогорья / Ю.Х.-М. Шидаков, Н.В. Тимушкина, Л.В. Козачук, И.А. Абдумаликова // Вестник КРСУ. 2015. Т. 15. № 11. С. 188–193.
4. *Шидаков Ю.Х.-М.* Влияние коронного разряда высоковольтной линии электропередач на газовый состав крови человека и крысы в условиях высокогорья / Ю.Х.-М. Шидаков, Л.В. Козачук // Вестник КРСУ. 2015. Т. 15. № 11. С. 184–187.
5. *Шидаков Ю.Х.-М.* Влияние глибенкламида на ремоделирование почки при церебральной патологии в высокогорье / Ю.Х.-М. Шидаков, Г.И. Горохова, Н.В. Тимушкина, Л.Д. Даниярова // Вестник КРСУ. 2019. Т. 19. № 1.