

Рентгенодиагностика в ветеринарии

В статье рассмотрены физико-технические основы инновационной отечественной технологии рентгенодиагностики в ветеринарии. Описаны ее преимущества по сравнению с традиционно используемой контактной методикой съемки. Представлены технические средства для реализации технологии в портативном и стационарном исполнениях. Приведены примеры их использования, в том числе в ветеринарной стоматологии.

Ключевые слова: ветеринария, ветеринарная стоматология, рентгенодиагностика, микрофокусная рентгенография, портативный рентгеновский аппарат.

Введение

Итоги XII Международной научно-технической конференции «Балтийский форум ветеринарной медицины и продовольственной безопасности 2015», состоявшейся в Санкт-Петербурге 30.09–3.10.2015 г., показали, что в настоящее время на отечественном рынке ветеринарного рентгенодиагностического оборудования в подавляющем большинстве представлены универсальные стационарные рентгеновские аппараты мощностью до нескольких десятков кВт, способные обеспечить необходимое качество изображения независимо от размеров и вида животного, а также высокую пропускную способность рентгеновского кабинета.

Однако в настоящее время не существует специальных нормативных документов для рентгенодиагностики в ветеринарии и размещение и эксплуатация таких аппаратов регламентируются методическими указаниями СанПиН 2.6.1.3164-14 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при рентгеновской дефектоскопии» (!). Указанные СанПиН допускают проведение рентгеновской дефектоскопии (диагностики) как в стационарных, так и в нестационарных условиях с использованием передвижных и переносных рентгеновских аппаратов, однако запрещают их размещение и эксплуатацию в помещениях жилых или общественных зданий. Поэтому приобрести и эксплуатировать на законном основании, например, рентгеновский аппарат EXAMION (или аналогичный ему HF-525Plus Vet) [1, 2], представленный в Санкт-Петербурге в рамках упомянутой конференции, могут только ветеринарные клиники, находящиеся в отдельном здании и способные организовать серьезные работы по строительству и оборудованию рентгеновского кабинета, обеспечивающего безопасную эксплуатацию столь мощного источника рентгеновского излучения. В настоящее время это, за



Н. Н. Потрахов,
д. т. н., зав. кафедрой электронных
приборов и устройств СПбГЭТУ
evg2214@yandex.ru

редким исключением, доступно лишь государственным учреждениям.

Ветеринарные услуги населению в нашей стране оказывают не только крупные государственные участники этого рынка, но и большое количество мелких частных лечебниц. Бюджет и условия размещения таких лечебниц, а это как правило, отдельные помещения жилых или общественных зданий, не позволяют приобрести дорогостоящий стационарный рентгеновский аппарат и заказать проект его размещения и провести не менее дорогостоящие работы по строительству соответствующего рентгеновского кабинета.

Возможный путь организации рентгенодиагностических исследований и их технического обеспечения в небольших частных лечебницах заключается в использовании результатов отечественных исследований в области рентгенографии.

1. Физико-технические особенности рентгенографии в медицине

1.1. Способ контактной рентгеновской съемки

Способ контактной рентгеновской съемки является основным в современной медицинской практике. При контактной съемке (рис. 1, а) используется источник рентгеновского излучения 1 с протяженным фокусным пятном d_1 . Объект съемки 2 располагается на достаточно большом расстоянии от источника излучения и вплотную (в контакте) к приемнику изображения. Размер фокусного пятна составляет от нескольких десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Подобное расположение «участников» рентгеновской съемки характерно для методики стандартной рентгенографии [3, 4].

Из приведенной схемы видно, что в условиях стандартной рентгенографии размер фокусного пятна,

а также расстояние между источником излучения и объектом съемки существенно влияют на величину нерезкости получаемого изображения. На рис. 1 нерезкость — область «размытия» изображения выделена цветом по отношению к самому изображению объекта 2. Удаление объекта съемки от приемника изображения и, соответственно, приближение его к источнику излучения приводит к существенному ухудшению качества снимка, вследствие увеличения нерезкости изображения («размытия») (рис. 1, б).

Очевидно, что для уменьшения нерезкости изображения при использовании источника излучения с протяженным фокусным пятном необходимо обеспечить минимально возможное расстояние между объектом съемки и приемником изображения. Однако все объекты медицинской диагностики имеют конечную толщину. Следовательно перечисленные условия контактной съемки могут быть выполнены лишь в отношении той области объекта, которая непосредственно прилегает к приемнику изображения. Поэтому для получения резких изображений всех областей объекта приходится увеличивать (в разумных пределах) расстояние между объектом съемки и источником излучения, а также использовать специальные укладки, например: «переднее-задняя», «заднее-передняя» т. д. [5].

1.2. Способ рентгеновской съемки с увеличением изображения

При съемке с увеличением изображения (рис. 2) используется источник излучения с фокусным пятном микронных размеров d_2 , так называемым, точечным фокусным пятном 1. Объект съемки 2 в зависимости от требуемого увеличения изображения может располагаться на определенном расстоянии, как от источника излучения, так и от приемника изображения 3. Коэффициент увеличения изображения m будет определяться частным от деления величины расстояния между источником излучения 1 и плоскостью приемника 3 на величину расстояния между источником излучения 1 и объектом 2. При этом независимо от того, в каком положении находится объект съемки в пространстве между фокусным пятном источника и плоскостью приемника, резкость получаемого изображения будет сохраняться [6]. Как показано на рис. 2, а и рис. 2, б величины размытия изображений практически равны и незначительны.

Поскольку при реализации описанного способа в медицинской практике используются источники излучения с фокусным пятном размером от нескольких десятков микрометров, для определения этого способа используется термин «микрофокусная съемка». Соответственно, рентгенография в перечисленных условиях называется микрофокусной рентгенографией.

1.3. Преимущества микрофокусной рентгенографии

Принципиальные отличия методики микрофокусной рентгенографии от методики стандартной рентгенографии при съемке биологических объектов обуславливается эффектами, возникающими при

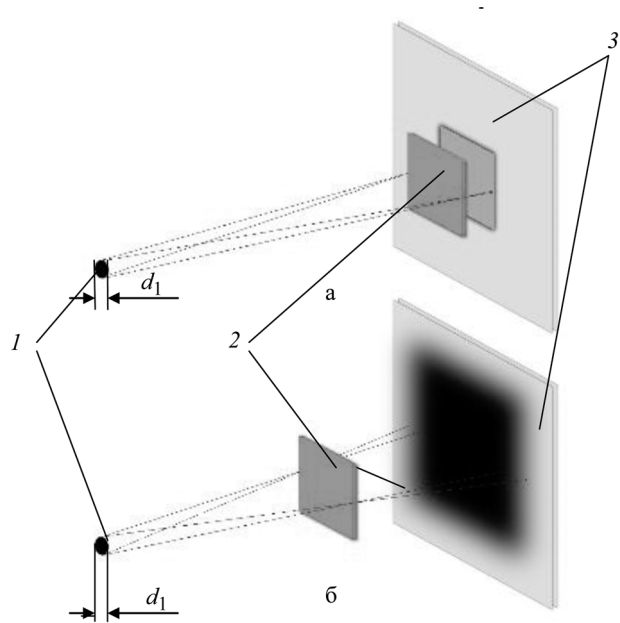


Рис. 1. Рентгенооптическая схема съемки протяженным фокусным пятном: а — контактная съемка; б — съемка с увеличением изображения

формировании рентгеновского изображения объекта съемки [7]. Основными из них являются:

- эффект увеличения глубины резкости;
- эффект увеличения контраста (эффект «воздушной подушки»);
- эффект малой экспозиционной дозы;
- эффект псевдообъемного изображения;
- эффект фазового контраста;
- эффект малой потребляемой мощности.

Одним из наиболее наглядных является эффект увеличения глубины резкости. Для демонстрации преимуществ микрофокусной рентгенографии по срав-

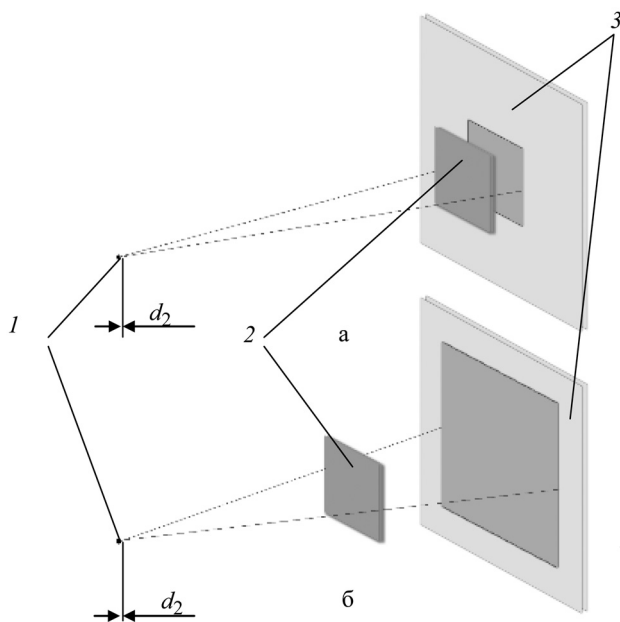


Рис. 2. Рентгенооптическая схема съемки точечным фокусным пятном: а — контактный способ; б — способ съемки с увеличением изображения

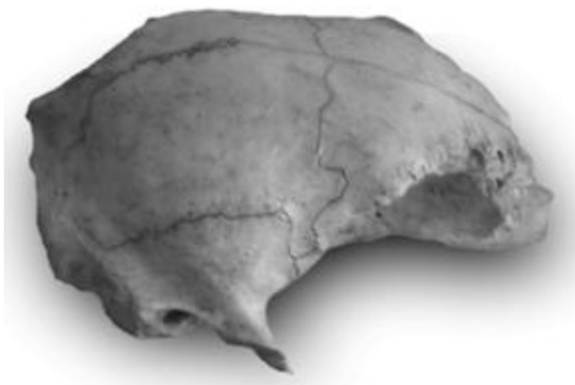


Рис. 3. Скелетированная голова кошки

нению со стандартной рентгенографией был использован тест-объект (скелетированная голова кошки), содержащий детали строения размером от нескольких десятков микрометров (рис. 3).

На рис. 4 представлены рентгеновские снимки тест-объекта, полученные по методике стандартной рентгенографии на аппарате с протяженным фокусным пятном ($d \approx 1$ мм), без увеличения изображения — контактно (рис. 4, а) и с увеличением изображения m , равным 2, 4, 8 раз (рис. 4, б-г). Хорошо заметно, что с ростом коэффициента увеличения изображения информативность получаемых снимков, вследствие возникающей нерезкости изображения, существенно уменьшается по сравнению с контактным снимком.

На рис. 5 представлены рентгеновские снимки того же тест-объекта, полученные по методике микрофокус-

ной рентгенографии на аппарате с точечным фокусным пятном ($d \leq 0,1$ мм), без увеличения изображения (рис. 5, а) и с увеличением изображения m , равным 2, 4, 8 раз (рис. 5, б-г). На микрофокусных снимках с увеличением изображения не только сохраняется резкость, но и обнаруживаются новые детали строения объекта, ранее не различимые на контактном микрофокусном снимке.

Эффект увеличения глубины резкости весьма значим в современной рентгенологической практике, поскольку позволяет решать задачи диагностики простыми по конструкции и, соответственно, более дешевыми техническими средствами.

На рис. 6 приведены контактные снимки тест-объекта, полученные аппаратом с протяженным фокусным пятном на цифровые приемники изображения с размерами пикселя 100 мкм (рис. 6, а) и 250 мкм (рис. 6, б).

Естественно, что визуально оцениваемое качество снимка, полученного на приемнике с меньшим пикселем, то есть с большей разрешающей способностью, — выше.

На рис. 7 представлены снимки того же тест-объекта, полученные аппаратом с точечным фокусным пятном на приемник с размером пикселя 250 мкм, то есть с меньшей разрешающей способностью, контактно и при увеличении $m=2, 4$ и 8 раз. Микрофокусный снимок, полученный при двукратном увеличении на приемник с «низкой» разрешающей способностью, уже не уступает по качеству контактному снимку, полученному на приемник с «высокой» разрешающей способ-

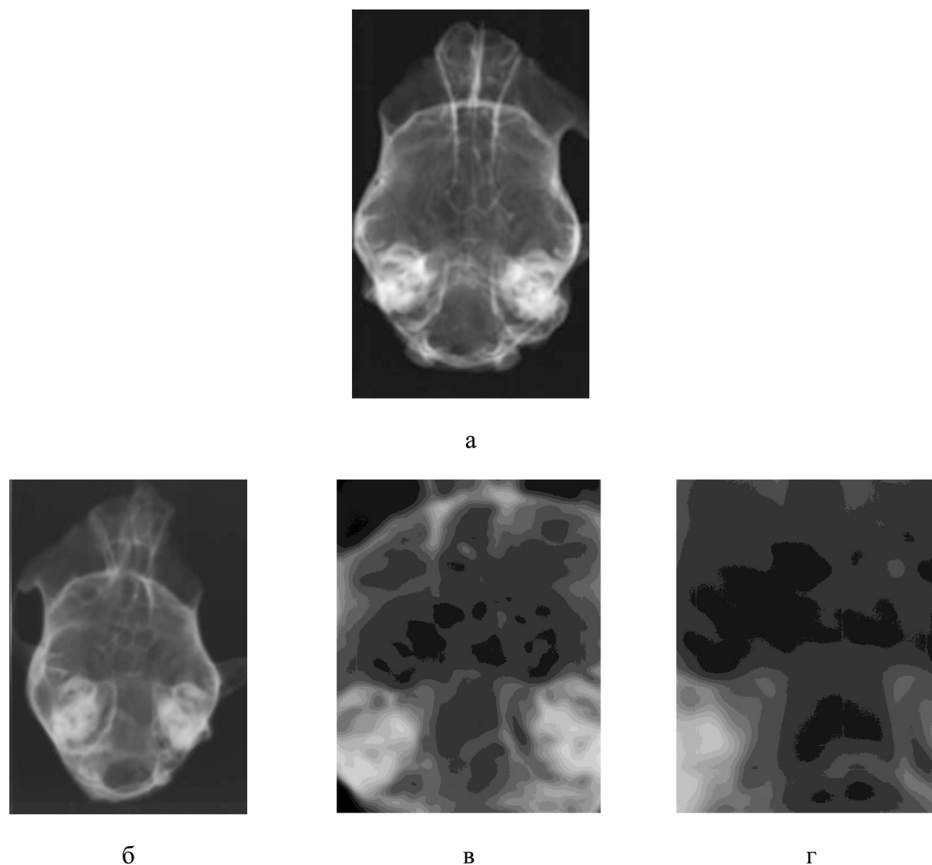


Рис. 4. Рентгеновские снимки тест-объекта, полученные на аппарате с протяженным фокусным пятном ($d \approx 1$ мм): а — без увеличения изображения; б-г — с увеличением изображения m , равным 2, 4, 8 раз

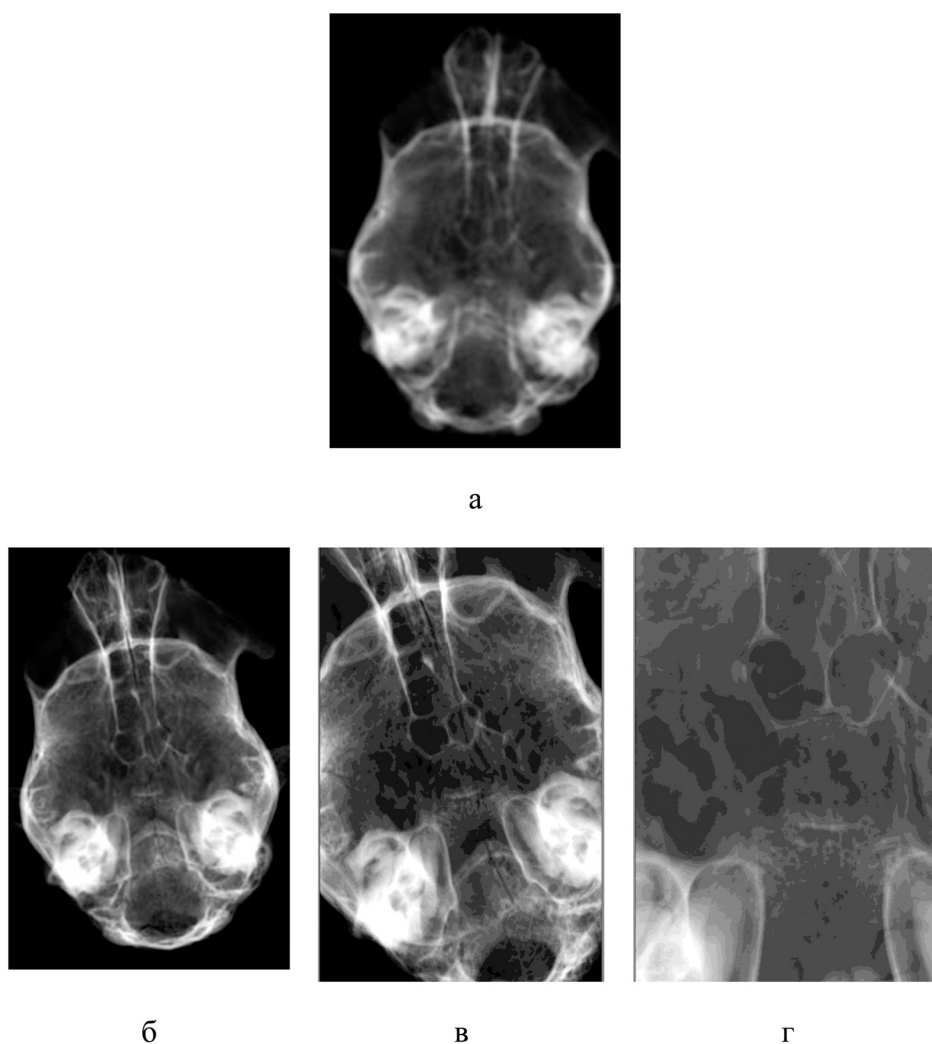


Рис. 5. Рентгеновские снимки тест-объекта, полученные на аппарате с точечным фокусным пятном ($d \leq 0,1$ мм): а — без увеличения изображения, б-г — с увеличением изображения m , равным 2, 4, 8 раз

ностью аппаратом с протяженным фокусным пятном, а микрофокусные снимки при четырех- и, тем более, восьмикратном увеличении принципиально превосходят по информативности контактный снимок.

При этом следует отметить, что в настоящее время современный цифровой приемник рентгеновского изображения с размером пикселя 50-100 мкм на основе экрана с фотостимулируемым люминофором или электронной панели [8] стоит от 1,5 млн руб. и выше,

а отечественный приемник, построенный по схеме «экран–оптика–ПЗС» [8], с размером пикселя 200-250 мкм — менее 500 тыс. руб.

Таким образом, одно из решений задачи обеспечения максимальной доступности рентгенодиагностики в ветеринарии заключается в использовании мало-мощных микрофокусных источников рентгеновского излучения и бюджетных цифровых приемников рентгеновского изображения.

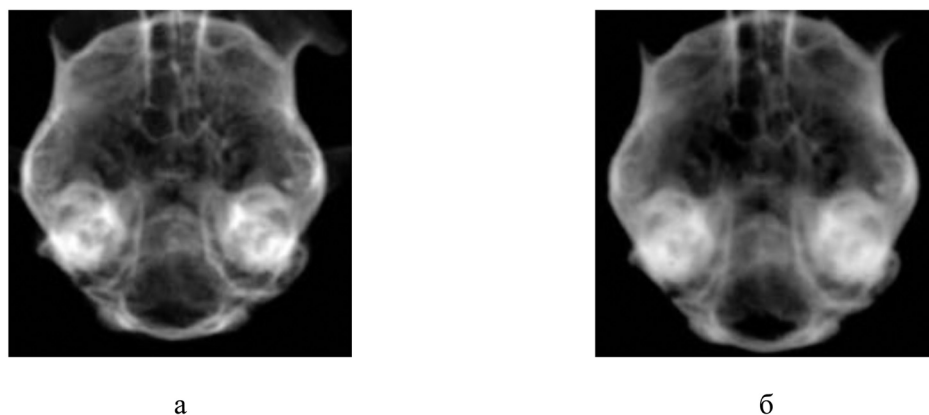


Рис. 6. Снимки тест-объекта, полученные на аппарате с протяженным фокусным пятном на приемники с размерами пикселя: а — 100 мкм, б — 250 мкм

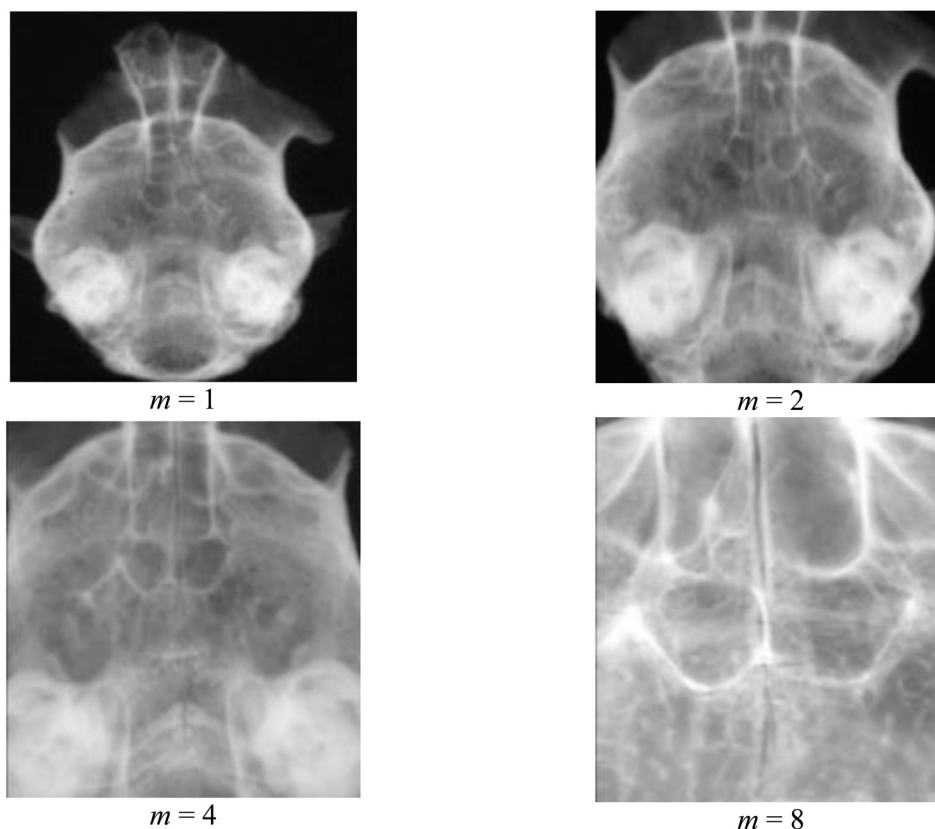


Рис. 7. Снимки тест-объекта контактный ($m=1$) и с увеличением изображения ($m=2, 4, 8$), полученные на аппарате с точечным фокусным пятном на приемник с размером пикселя 250 мкм

2. Современные отечественные средства рентгенодиагностики для ветеринарии

2.1. Передвижной рентгеновский аппарат для диагностики мелких и средних животных

На рис. 8 представлен самый экономичный вариант исполнения отечественного передвижного рентгеновского аппарата для ветеринарии семейства «ПАРДУС-Зоо».

В состав аппарата входит микрофокусный источник рентгеновского излучения серии РАП,



Рис. 8. Передвижной рентгеновский аппарат «ПАРДУС-Зоо» для диагностики мелких и средних животных

модернизированный приемник рентгеновского изображения серии НОРКА и персональный компьютер со специализированным программным обеспечением (на рисунке не показаны), а также стол для укладки животного со штативом, на котором крепится моноблок источника рентгеновского излучения РАП-100М. Максимальная мощность источника излучения в режиме кратковременного включения составляет всего 30 Вт. Однако, как показывает практика, этого вполне достаточно для проведения высокоинформативных исследований мелких и средних животных (весом 10-12 кг). Аппарат «ПАРДУС-Зоо» позволяет проводить диагностику повреждений костной и окружающих мягких тканей, внутренних органов животного, врожденных патологий опорно-двигательного аппарата, а также выявление инородных предметов в ЖКТ.

Примеры получаемых рентгеновских изображений животных представлены на рис. 9. Среди преимуществ специалисты отмечают на этих снимках отсутствие артефактов от металла и отчетливую визуализацию костной структуры бедра.

2.2. Портативный рентгеновский аппарат семейства «ПАРДУС» для стоматологии и челюстной хирургии в ветеринарии

Аппарат «ПАРДУС-Зоо» в портативном исполнении (без штатива) (рис. 10) может быть использован в качестве специализированного — стоматологического ветеринарного аппарата [9, 10].

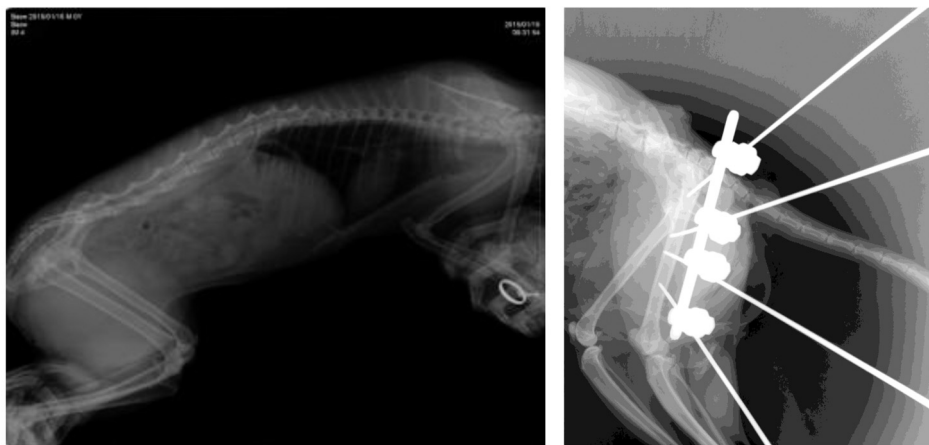


Рис. 9. Микрофокусная рентгенография при наличии металлоконструкций

Малая мощность аппарата позволяет проводить рентгенологические исследования, удерживая его непосредственно в руках, при сохранении безопасных для рентгенлаборанта условий съемки. Это принципиально облегчает выполнение укладки животного при проведении рентгенологических исследований и гарантирует получение качественных рентгеновских изображений.

На рис. 11 показаны рентгеновские снимки отдельного участка нижней челюсти собаки, полученные в ходе операции дентальной имплантации: рис. 11, а — до операции, рис. 11, б — после удаления зубов: отчетливо визуализируются лунки удаленных зубов, а также — отсутствие инородных тел; рис. 11, в, г — после установки имплантов: для оценки костной структуры вокруг имплантов и степени их интеграции в костную ткань выполнена съемка с двух ракурсов; рис. 11, д — фотография участка нижней челюсти: результаты установки имплантов признаны удовлетворительными.

2.3. Передвижной цифровой рентгенодиагностический комплекс для ветеринарии

Весной прошлого года по инициативе начальника Управления ветеринарией Санкт-Петербурга на базе ГБУ «Санкт-Петербургская горветстанция» была проведена апробация передвижного рентгенодиагностического комплекса для ветеринарии. Как и рентгеновские аппараты семейства «ПАРДУС» этот комплекс разработан в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина). В состав комплекса входят мобильный рентгеновский аппарат, цифровая система визуализации рентгеновского изображения на основе электронной панели со специализированным программным обеспечением и стол для укладки животного.

Указанная апробация проводилась для оценки функциональных возможностей комплекса. В ходе клинических испытаний было выполнено 15 рентгенологических обследований 10 животных (кошки, собаки) весом от 7 до 46 кг. Выполнялись исследования органов грудной клетки и брюшной полости, костей таза и тазовых конечностей, поясничного отдела позвоночника и коленного сустава.

Анализ качества получаемых изображений осуществлялся путем экспертной оценки несколькими специалистами горветстанции. На всех снимках оно было признано удовлетворительным для обеспечения точной и своевременной постановки диагноза.

Среди преимуществ комплекса были также отмечены:

- малые габариты и вес, компактность, мобильность, маневренность и простота в эксплуатации;
- наличие встроенного пульта и сенсорного крупноформатного жидкокристаллического экрана для управления режимами рентгенографии и программами орган-автоматики с возможностью добавления «...новых анатомических укладок», что позволяет легко и быстро выбрать нужное исследование, а также — при необходимости изменить режимы рентгенографии;
- наличие выносного пульта управления, что позволяет получать рентгенограммы на необходимом расстоянии от аппарата.

Выводы по результатам апробации, утвержденные начальником ГБУ «Санкт-Петербургская горветстанция», гласили, что рентгенодиагностический комплекс «...может быть рекомендован для оснащения сети государственных ветеринарных клиник».

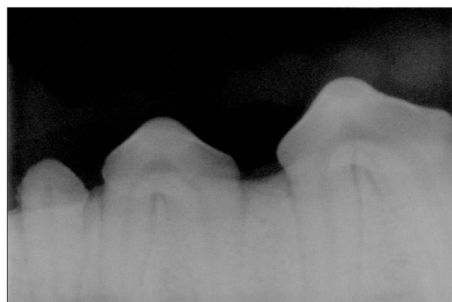
Заключение

Описанная отечественная технология рентгенодиагностики позволяет уже сейчас предложить:

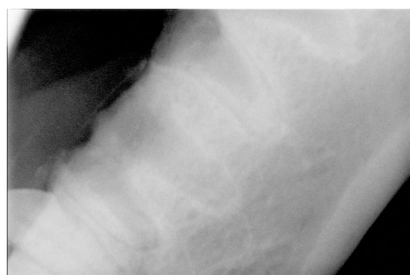
- хозяевам небольших частных ветеринарных лечебниц «бюджетную» альтернативу зарубежным



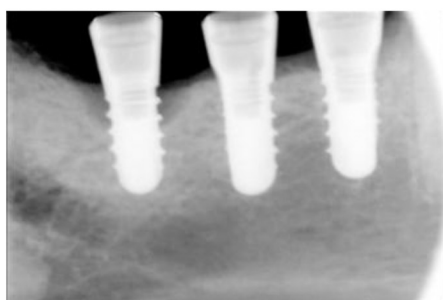
Рис. 10. Портативный рентгеновский аппарат для стоматологии и челюстной хирургии в ветеринарии



а



б



в



г



д

Рис. 11. Микрофокусная рентгенография участка нижней челюсти собаки при дентальной имплантации: а — до операции; б — после удаления зубов; в, г — после установки имплантов; д — фотография участка

стационарным рентгеновским аппаратам для исследования мелких и средних животных;

- руководству крупных государственных ветеринарных клиник еще одно новое рабочее место рентгенолога, позволяющее принципиально повысить информативность получаемых рентгеновских изображений и эффективность рентгенодиагностических исследований;
- всем им вместе стоматологический ветеринарный аппарат в портативном исполнении, не имеющий мировых аналогов.

В перспективе возможности технологии позволяют создать необходимый набор технических средств рентгенодиагностики в ветеринарии, которые по своим просвечивающим способностям не уступают лучшим зарубежным образцам, но обеспечивают принципиальное расширение диагностических возможностей и снижение радиационной нагрузки на животное и обслуживающий персонал, потребляют небольшую мощность, имеют небольшие габариты и веса.

Основываясь на вышесказанном, целесообразно рассмотреть вопрос об организации в нашем городе

производства современных рентгеновских аппаратов для ветеринарии.

С целью создания необходимой нормативной базы и легализации деятельности действующих рентгеновских кабинетов в небольших частных ветеринарных лечебницах следует незамедлительно инициировать разработку и согласование методических указаний по размещению и эксплуатации рентгеновских аппаратов для ветеринарии.

С учетом сложности и социальной значимости решаемой задачи политику такого проекта должен осуществлять соответствующий государственный орган. В качестве технологической базы производства может быть выбрано профильное частное предприятие.

Одной из первоочередных задач проекта, решение которой обеспечит выход на лидирующие мировые позиции в области ветеринарной рентгенодиагностики, может стать разработка первого отечественного рентгеновского компьютерного томографа для ветеринарии.

Список использованных источников

1. <http://www.ecoray.kr/hf525plus>.
2. <http://www.examination.com/de/loesungen-fuer-human-mediziner/roentgenanlagen.html>.
3. И. Г. Лагунова, Э. Г. Чикирдин, Р. В. Ставицкий и др. Технические основы рентгеновской диагностики. М.: Медицина, 1973. – 383 с.
4. К. Л. Бонтрагер. Руководство по рентгенографии с рентгеноанатомическим атласом укладок/Пер. с англ. под ред. Л. Д. Линденбрата, В. В. Китаева, В. В. Уварова. 5-е изд. М.: ИНТЕЛМЕДТЕХНИКА, 2005. – 848 с.
5. Атлас укладок при рентгенологических исследованиях. Л., 1987.
6. Н. Н. Потрахов, А. И. Мазуров. Особенности микрофокусной рентгенографии в медицинской диагностике//Медицинская техника, № 6, 2005. С. 6-8.
7. Н. Н. Потрахов, А. Ю. Грязнов. Микрофокусная рентгенография в медицинской диагностике. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. – 121 с.
8. Основы рентгенодиагностической техники: учебное пособие/ Под ред. Н. Н. Блинова. М.: Медицина, 2002. – 392 с.
9. А. Ю. Васильев, В. В. Петровская, Н. Г. Перова, Н. С. Серова. Микрофокусная рентгенография на интраоперационном этапе дентальной имплантации в эксперименте//Врач-аспирант. № 4. 2010. С. 29-36.
10. А. Ю. Васильев, И. М. Буланова, Н. Н. Мальгинов, Е. В. Киселева и др. Оценка регенерации костной ткани в эксперименте с помощью цифровой микрофокусной рентгенографии и компьютерной томографии//Медицинская радиология и радиационная безопасность, № 1, том 55, 2010. С. 31-35.
11. Н. Н. Потрахов, А. И. Мазуров, А. Ю. Васильев. Микрофокусная рентгенография в медицинской диагностике//Промежуточная диагностика, промена терапия. Вып. 3-4. 2011. С. 124-128.
12. В. Г. Алпатов, А. Ю. Васильев, Л. П. Кисельникова. Сравнительная оценка информативности цифровой микрофокусной рентгенографии с многократным увеличением изображения и радиовизиографии в эксперименте//Клиническая стоматология. № 1. 2010. С. 23-24.

X-ray diagnostics in veterinary medicine

N. N. Potrakhov, Doctor of Technical Sciences, Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».

In the article, the physico-technical foundations of the innovative domestic technology of X-ray diagnostics in veterinary are considered. Its advantages are described in comparison with the traditionally used contact shooting technique. Technical means for implementing the technology in portable and stationary versions are presented. Examples are given of their use, including in veterinary dentistry.

Keywords: veterinary, veterinary dentistry, X-ray diagnostics, Microfocus X-ray radiography, portable X-ray apparatus.

Проведение исследований с участием научно-исследовательских организаций и университетов Чехии

В рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» стартовал конкурс проектов по мероприятию 2.2 «Проведение исследований по отобранным приоритетным направлениям с участием научно-исследовательских организаций и университетов Чехии».

Целью работ является проведение исследований совместно с научно-исследовательскими и образовательными организациями Чехии для обеспечения интеграции Российской науки в общеевропейскую научно-исследовательскую сферу, расширения географии международного научно-технического сотрудничества и формирования устойчивых кооперационных связей, расширение базы знаний и развитие передовых технологий. Подробнее об условиях можно узнать на странице конкурса.

Источник: <https://xpir.ru/finsupports/bbb503c9bbd34bd6aad75d3f0e1b8988>.

© Экспир