

Учреждение образования
«Международный государственный экологический
университет имени А.Д.Сахарова»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

Научно-практический журнал

№ 1 (27)
ЯНВАРЬ–МАРТ 2014

*Основан в мае 2007 года
Выходит ежеквартально*

Минск
2014

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Учреждение образования «Международный государственный
экологический университет имени А.Д.Сахарова»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

кандидат биологических наук, доцент **Дунай Валерий Иванович**

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Я. Жишко, профессор, Варшавский университет естественных наук (Республика Польша)

Б. Крстич, профессор, Университет г. Нови Сад (Республика Сербия)

И. В. Дардынская, профессор, Иллинойский университет (США)

И. А. Степанов, профессор, Международный независимый эколого-политологический университет (Россия)

С. Н. Степаненко, профессор, Одесский государственный экологический университет (Украина)

Г. Либератос, профессор, Университет г. Патрас (Греция)

Й. Сайбол, профессор, Пражский технический университет (Чешская Республика)

А. П. Денисов, генеральный директор ИЧУПП «Кока-кола Бевриджиз Белоруссия» (Беларусь)

Ю. А. Коровин, профессор, Объединенный институт ядерных исследований (Россия)

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

С. С. Позняк, канд. с.-х. наук, доцент
(зам. главного редактора)

О. В. Лозинская (научный редактор)

В. Г. Баштовой, д-р физ.-мат. наук, проф.

С. Е. Головатый, д-р с.-х. наук, проф.

А. П. Голубев, д-р биол. наук, доцент

А. Н. Капич, д-р биол. наук, проф.

С. П. Кундас, д-р тех. наук, проф.

А. В. Кильчевский, д-р биол. наук,
проф., член-корр. НАН Беларуси

Л. М. Лобанок, д-р мед. наук, проф.

С. Б. Мельнов, д-р биол. наук, проф.

А. Е. Океанов, д-р мед. наук, проф.

Т. Ф. Персикова, д-р с.-х. наук, проф.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

ул. Долгобродская, 23, 220070, г. Минск,
тел. (017) 230 73 72, факс: (017) 230 68 97

E-mail: info@iseu.by

<http://www.iseu.by>

Свидетельство о государственной регистрации № 1366 от 10.06.2010,
выдано Министерством информации Республики Беларусь

Редакторы *Е. В. Корзун, Т. А. Лавринович*

Компьютерная верстка *Т. А. Янковская*

Корректор *Е. В. Корзун*

Great Lakes Centers for Occupational and Environmental Safety
and Health University of Illinois at Chicago School of Public Health

Журнал издается при поддержке Центров Великих озер профессиональной и экологической безопасности и здоровья
Школы общественного здоровья Иллинойского университета в Чикаго, США

Подписано в печать 10.04.2014 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 10,4. Тираж 100 экз. Заказ 207. Бесплатно

ОАО «Оргстрой»

ЛП № 02330/0494197 от 03.04.2009.

Ул. Берестянская, 16, 220034, г. Минск

© Учреждение образования
«Международный государственный
экологический университет
имени А.Д.Сахарова», 2014

М. А. Аль Меселмани¹, П. Д. Шабанов²

¹Гомельский государственный медицинский университет,

г. Гомель, Республика Беларусь

²Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕМЕННИКОВ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В обзоре представлены современные сведения об морфофункциональных состояниях семенников под воздействием ионизирующего излучения в целом и, в частности, малых доз внешнего γ -излучения, а также облучения при инкорпорации малых доз ^{137}Cs . Дано представление об антиоксидантной системе семенников и ее реакции на воздействие ионизирующего облучения. Описаны типичные изменения морфологии семенников после воздействия проникающей радиации.

Ключевые слова: *семенники, морфология, ионизирующее облучение, низкие дозы, ^{137}Cs*

Влияние ионизирующего излучения на семенники

Воздействия экологической радиации очень опасны для здоровья человека. В литературе имеются исчерпывающие данные о взаимодействии излучения с биологическим материалом [3].

Согласно мнению Ю. Б. Кудряшова (1987), радиоактивное излучение вызывает в клетках организма следующие изменения: 1) повреждение клеточных мембран продуктами перекисидации липидов; 2) повреждение ДНК ядерного аппарата; 3) образование свободных радикалов (АФК), вызывающих в клетках вторичные повреждения.

Таким образом, можно сделать вывод, что излучение способно вызывать повреждение клеток за счет 2 механизмов.

Во-первых, непосредственно путем разрыва межмолекулярных связей клеточных компонентов радиоактивными частицами.

Во-вторых, косвенно через образование свободных радикалов (высокореактивных атомов или молекул с единственным непарным электроном). Эти радикалы могут инактивировать биохимические процессы в клетках или же взаимодействовать с генетическим материалом. Повреждения структур и функций, возникшие вследствие воздействия излучения, могут быть полностью восстановлены. Клетка погибает или начинает размножаться с нарушением процессов дифференцировки, является проявлением «патологической регенерации». Биологические дефекты могут также инициироваться низкими дозами излучения. При этом в клетках развиваются процессы аналогичные таковым, возникающим в ходе обычного окислительного их повреждения, характерного для любой живой клетки [2, 3].

Данные литературы свидетельствует, что проблема изучения воздействия малых доз ионизирующего излучения на мужскую репродуктивную систему является актуальной проблемой из-за опасности не только в отношении фертильности. Но из-за патологического влияния на будущее поколение детей облученных родителей, а также из-за влияния облучения на синтез гонадотропина гипофиза и функцию коры надпочечников [2, 3].

Отмечено, что сексуальная активность животных и людей, проживающих в загрязненной радиацией зоне, заметно снижается. Были проведены исследования изменений биохимических механизмов развития олигозооспермии у мужчин под действием малых доз длительного радиационного излучения вследствие аварии на ЧАЭС. Из-за распространения угрозы облучения в настоящее время инициированы работы в области радиотерапии. Установлено, что лечение больных раком простаты посредством внешнего радиоактивного облучения, проводимое в малых дозах в условиях незащищенных семенников, приводит к бесплодию и ухудшению гормональной функции [8, 9]. Предполагают, что механизм влияния на мужские зародышевые клетки низкодозового облучения с последующим гоноцитным вырождением напрямую связан с активацией феномена апоптоза [15].

Общеизвестно, что гонады обладают высокой чувствительностью к воздействию иони-

зирующего излучения. Половые железы, наряду с костным мозгом, отнесены к 1-й группе критических органов облучения. Наиболее чувствительными к радиации клетками семенников являются сперматогонии, в то время как наиболее устойчивыми – сперматозоиды [8]. После облучения в умеренных дозах способность мужчин к воспроизведению потомства снижается не сразу, так как сперматозоиды остаются сравнительно подвижными. Если же повреждены все сперматогонии, то вскоре наступает полная стерильность. Установлено, что облучение в дозе 0,1 Гр через 1 год приводит к достоверному снижению количества сперматозоидов.

Важно отметить, что не все клетки семенников одинаково чувствительны к облучению. Особо чувствительными, как установлено, являются клетки Сертоли и Лейдига [12, 15]. Воздействие даже очень малых доз радиации, но на протяжении всей жизни (0,1 Гр) приводит к значительному уменьшению количества клеток Лейдига. Следует иметь в виду, что сперматогонии семенников молодых людей также очень чувствительны к облучению, в результате которого может наступить сперматогониальное истощение и прекращение пролиферации [15]. В. А. Wang и соавт. (2007) отметили, что радиочувствительность сперматогенных клеток выше во время эмбрионального развития, но уменьшается после рождения.

Острое и хроническое облучение приводит к постепенному снижению массы семенников, уменьшению веса придатков, семенных пузырьков, простаты и количества спермы [1, 8]. Возникает дисбаланс в соотношении сперматогенных и половых клеток, изменение содержания в них ДНК, снижение числа зрелых половых клеток в придатках семенников, дискоординация биоэнергетического метаболизма в исследуемых тканях. Выявленные нарушения показателей репродуктивной системы у крыс-самцов в отдаленные сроки после внешнего низкоинтенсивного хронического облучения в дозе 1,0 Гр указывают на серьёзность риска радиационного воздействия во время полового созревания [1, 4]. Кроме того, показано, что облучение семенников мышей, крыс, обезьян и мужчин одинаково сокращает дифференцировку сперматогоний. Доказано, что самым выраженным и опасным эффектом радиации на семенники является элиминация дифференцировки сперматогоний, сопровождаемая сокращением сроков развития сперматогенных клеток.

Некоторые авторы рассматривают семенники и процесс сперматогенеза как универсальную биологическую тест-систему, позволяющую оценивать воздействие различных видов облучения. В ходе этих опытов отмечено, что показателем выраженности радиационного поражения организма могут служить изменения морфофункционального состояния репродуктивной системы [1, 2].

Подвижность спермы является важным показателем фертильности мужчины [5]. В ходе экспериментов, выполненных на крысах, были получены данные об изменении подвижности сперматозоидов после общего воздействия ионизирующего излучения на животных. Негативное влияние радиации на эпидидимальную сперму возрастало по мере увеличения дозы. Уменьшение концентрации и подвижности спермы было обнаружено в дозах, превышающих 0,5 Гр [5].

В облучённых семенниках лимфоидная инфильтрация семеноносных трубочек и интерстициальной ткани наблюдались спустя 5 лет после облучения в дозах от 30 до 50 Гр [7].

К тому же, после облучения в указанных дозах в крови отмечали предельно низкие уровни кортизола, адренкортикотропного гормона и тестостерона. Установлено, что последствия облучения у людей зависят не только от полученной дозы, но также и времени проведения медицинского осмотра [4].

Некоторые виды нарушений функции семенников после воздействия общего радиоактивного облучения проявляются в изменении кинетики сперматогенеза и увеличении активности сперматогенного эпителия. В других экспериментально было подтверждено, что атрофия тестикулярной ткани является результатом первоначального разрушения радиочувствительных сперматогоний.

Воздействие облучения на мужскую репродуктивную систему занимает важное место в клинических исследованиях. Так, например, лечение рака щитовидной железы путём применения радиоактивного йода нередко осложнялось нарушениями половой функции. Однако отмечено, что однократное применение радиоактивного йода крайне редко приводит к повреждению сперматогоний, сводя риск развития бесплодия к минимуму. В свою очередь, результаты лечения пациентов, получавших, многократное воздействие при формировании метастатического рака щитовидной железы показали, что в этом случае существует большая вероятность повреждения гонад с нарушением мужской репродуктивной функции [3].

Исходя из представленных сведений можно заключить, что воздействие облучения даже

в малых дозах представляет существенную опасность для структуры и функции семенников.

Влияние на семенники инкорпорации ^{137}Cs

Как известно, излучение бывает 2 типов: ионизирующее и неионизирующее. Ионизирующее излучение производится радионуклидами, которые представляют собой нестабильные химические элементы. Результатом их нестабильности является испускание электронов из атомов. Неионизирующее излучение не сопровождается структурными изменениями в атомах и проявляется в виде светового, радио- и микроволнового излучения.

Исследования влияний на семенники ^{137}Cs после его инкорпорации занимают в радиологии важное место. Результаты исследований показали, что гонады очень чувствительны даже при минимальном уровне накопления ^{137}Cs . В зависимости от места накопления радионуклида возможно мутагенное повреждение сперматогенных клеток. Также является доказанным влияние такого рода воздействий на надпочечный стероидогенез [10]. А. М. Лягинская с соавт. (1998) и А. И. Лисенко с соавт. (2000) показали, что инкорпорация с минимальным количеством ^{137}Cs приводит к максимальному накоплению цезия в тестикулярной ткани [13].

Материалы по изучению воздействия на семенники крыс-самцов при хронической инкорпорации ^{137}Cs в минимальном количестве свидетельствуют о возникновении морфофункциональных нарушений в семенниках, тестикулярной гормональной модификации и снижении фертильности [10].

Влияние на семенники малых доз γ -излучения

Исследования влияний ионизирующего излучения на мужскую репродуктивную систему ведутся с 1906 г. Однако опыты по изучению эффектов ионизирующего излучения в дозе 8 Гр на окислительное фосфорилирование (ОФ) в митохондриях семенников были поставлены впервые только в 1964 г. на 2 крысах. Таким образом, всего было изучено 4 семенника [11]. Авторы также изучили изменения в печени и селезёнке.

Полученные результаты, с одной стороны, продемонстрировали способность митохондрий семенников, печени и селезёнки к фосфорилированию на различных этапах после общего облучения животных. С другой стороны, было установлено, что максимальные повреждения в семенниках возникают на 3-и сутки после облучения. Причём наблюдавшиеся изменения были более выраженными, чем таковые в печени и селезёнке, что свидетельствовало о высокой чувствительности митохондрий семенников в целом, и протекающих в них процессов ОФ к внешнему низкодозовому облучению. Также в литературе имеются сведения об острых эффектах относительно слабого γ -облучения (0,5 и 3,0 Гр) на семенники крыс. Было обнаружено повышение концентрации продуктов перекисного окисления липидов в семенниках крыс в сочетании и со снижением активности компонентов антиоксидантной системы [14].

Есть сведения, что низкоинтенсивное γ -излучение испытывает по мере проникновения в ткани относительно большее сопротивление, чем высокоинтенсивное, что приводит к увеличению поглощённой дозы [16].

Функциональная активность семенников при воздействии низкодозового ионизирующего излучения

Семенники отличаются от других органов рядом свойств, одно из которых заключается в том, что эмбриогенез является критическим шагом в развитии мужской репродуктивной функции. Две главные функции семенников, гаметогенез и стероидогенез начинают проявлять себя именно в этот период. Формирование семенников у человека констатируют по факту миграции первичных зародышевых клеток из внезародышевых областей к половому гребню на 5-й неделе беременности. В этот период клетки Сертоли дифференцируются и окружают зародышевые клетки, образуя семеноносные канатики между 6-й и 7-й неделями. С этого момента первичные зародышевые клетки называют гоноцитами. Однако сведений об их количестве и митотической активности во время эмбриогенеза практически не имеется. Важно отметить, что число зародышевых клеток, сформированных во время эмбрионального развития, является существенным для показателей фертильности взрослого человека [12].

Клетки Лейдига, как установлено, дифференцируются из мезенхимных клеток в про-

межуточном компартменте. Эти стероидогенные клетки различаются морфологически и становятся различимы на 8-й неделе беременности, тогда как выделение тестостерона обнаруживает себя в культуре клеток органа уже на 6-й неделе [12].

На основании вышеперечисленных фактов можно заключить, что эмбриональный период играет важную роль в цикле развития семенников и формировании их функций. Действие ионизирующего облучения на семенники плода в этот период даже в малых дозах может привести в зрелости к необратимым нарушениям фертильности [12]. Данные о влиянии радиации на мужские эмбриональные зародышевые клетки в течение плодного пролиферативного периода указывают на быструю гибель многочисленных гоноцитов. R. Vergouwen и соавт. (1995) отмечают, что чувствительность зародышевых клеток эмбриональных семенников мышей заметно выше к γ -облучению, чем семенников взрослых особей.

В литературе встречаются отдельные сведения о влиянии малых доз радиации на гормональную функцию семенников.

Результаты проведенных исследований подтверждают особое значение эффектов радиации в отношении стероидогенеза в клетках Лейдига, являющихся главным источником *тестостерона* [4], а также в отношении механизмов взаимодействия ЛГ с рецепторами [10]. В частности, данные наблюдений по итогам проведения лучевой терапии говорят о повышении уровня сывороточного ФСГ, что свидетельствует о формировании у пациентов нарушений половой функции [8, 9].

Результаты исследований гормонального состояния посредством проведения хемилюминесцентных диагностических тестов для определения эндокринного статуса больных после облучения дают возможность предположить, что радиоактивное облучение в терапевтических (высоких) дозах вызывает перепроизводство эстрогенов, которое подавляет гипоталамическо-гипофизарную ось и тормозит секрецию ЛГ и ФСГ. Дефицит ЛГ и ФСГ в последующем отрицательно сказывается на продукции семенниками мужских половых гормонов.

Малые дозы радиации, напротив, приводят к увеличению концентрации ФСГ в плазме крови. Тем не менее анализ содержания в крови андроген-связывающего белк, связавшего тестостерон, показал снижение концентрации тестостерона даже после облучения организма в малых дозах [4]. Изучение влияния низкодозового излучения позволило отметить, что облученные клетки Лейдига в ответ на облучение стимулировались. В свою очередь, облучение в высоких дозах сопровождалось ухудшением стероидогенеза в этих клетках, что сопровождалось уменьшением содержания в них цАМФ, стероидогенного энзима, тестостерона и эстрадиола.

Антиоксидантная система семенников при воздействии малых доз ионизирующего излучения

Влияние комбинированного (внутреннего и внешнего) облучения в малых дозах на антиоксидантную систему семенников выявило снижение активности супероксиддисмутазы в семенниках уже через 30 мин после облучения в дозах 0,5 и 3,0 Гр [14]. Также были получены данные о состоянии активности *митохондрий* семенников через 6,5 месяцев после облучения, которые выявили снижение уровня витамина Е. Минимальное снижение наблюдалось у животных, облученных в дозе 0,5 Гр. Эти изменения сохранялись в течение 15,5 месяца. Снижение уровня витамина Е в семенниках, предположительно, свидетельствует об ослаблении антиокислительной активности ткани семенников, что проявляется в активации процессов перекисного окисления липидов. Подобное состояние, нередко возникающее у пациентов после химиотерапии, может провоцировать развитие в ткани семенников окислительного стресса со всеми вытекающими последствиями – снижением гормональной и репродуктивной функции тестикул.

Влияние малых доз радиации на морфологию семенников

Анализ литературы показал, что эффекты малых доз внешнего облучения на морфологию ткани семенников изучены в недостаточной мере. Тем не менее результаты морфометрического анализа семенников позволили оценить изменения, происходящие в семеноносном эпителии зрелых животных в ответ на воздействие малых доз радиации. Было установлено, что эти изменения, как правило, обратимы, а также что низкодозовое облучение не вызывает грубых повреждений клеток с сохранением их способности к восстановлению. При этом степень повреждения эпителиальных клеток зависит не только от дозы воздействия, но также и от возраста животных.

Результаты изучения эффектов ионизирующего излучения на морфологию тестикул выявили, что все стадии сперматогенеза являются чувствительными к малым дозам радиации.

Так, под воздействием ионизирующего излучения в дозе 0,5 Гр наблюдалось аномально низкое число сперматогоний уже через 12 ч. после облучения. В последнее время обнаружено, что разрушение мужских половых клеток посредством воздействия низкодозового облучения связано с активацией апоптоза. Повышение апоптоза, например, отмечали среди сперматогоний типа В и сперматоцитов. Исследования других авторов позволили обнаружить снижение количества семенных канальцев, содержания сперматогоний типа А и В, а также промежуточного вида сперматогоний.

Установлено, что сперматогонии А и В относятся к категории высокочувствительных к радиации клеток, в то время как сперматоциты, сперматиды, и сперматозоиды обладают достаточно выраженной радиорезистентностью. Недифференцированные сперматогонии, также именуемые стволовыми клетками, являются самыми радиочувствительными среди прочих сперматогоний. Доказано, что после воздействия γ -излучения в низких дозах порядка 0,9-3,0 Гр дифференциация сперматогоний прекращается. Истощение сперматогоний в последующем отражается в снижении продукции сперматозоидов. Количественный анализ состояния сперматогенеза крыс через 6,5 мес. после внешнего их облучения в дозе 1 Гр свидетельствовал о снижении индекса сперматогенеза и числа половых клеток. Авторы оценивали состояние сперматогенеза семенников на гистопрепаратах по ряду количественных морфологических критериев – по числу извитых семенных канальцев, не содержащих половых клеток [2].

Заключение

Таким образом, анализ данных литературы говорит о том, что к настоящему моменту нежелательные эффекты внешнего радиационного воздействия на организм в целом и семенники в частности изучены в достаточной мере. Тем не менее каких-либо убедительных данных о негативных последствиях влияния малых доз радиоактивного излучения на семенники и на особенности течения процессов митохондриального окисления в сперматоцитах после такого воздействия в литературе не обнаруживается. Митохондриальный компартмент клетки, как следует из представленных сведений, обладает чрезвычайно высокой чувствительностью к проникающей радиации. С учетом того, что в семенниках процессы митохондриального окисления идут особенно интенсивно, имеются все основания предполагать возможность повреждения гонад даже в случае воздействия на организм малых доз радиоактивного излучения.

Список литературы

1. Верещако, Г. Г. Морфофункциональное состояние репродуктивной системы крыс-самцов после хронического низкоинтенсивного облучения в дозе 1,0 Гр / Г. Г. Верещако // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2002. – Т. 42. – № 2. – С. 136–140.
2. Конопля, Е. Ф. Состояние репродуктивной системы и печени крыс-самцов и их потомства после фракционированного облучения в малой дозе / Е. Ф. Конопля // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2003. – Т. 43. – № 2. – С. 221–222.
3. Конопля, Е. Ф. Закономерности радиационного поражения репродуктивной системы самцов при хроническом облучении / Е. Ф. Конопля, Г. Г. Верещако, А. М. Ходосовская // Радиация и Чернобыль, ближайшие и отдаленные последствия: [сб. ст.] / Ин-т радиобиологии Нац. акад. наук Беларуси, ООН по вопр. образования, науки и культуры; [под общ. ред. Е. Ф. Конопля]. – Гомель, 2007. – С. 105–110.
4. Попов, Е. Г. Влияние радиационной обстановки и экспериментального гипертиреозного состояния на показатели рецепции андрогенов в семенниках и предстательной железе крыс / Е. Г. Попов, Ф. И. Куц, О. Л. Белоусов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2002. – Т. 42. – № 1. – С. 86–91.
5. Spermatogenesis and epididymal sperm after scrotal gamma irradiation in adult rats / M.R. Bansal [et al.] // *Reprod. Toxicology*. – 1990. – Vol. 4, № 4. – P. 321–324.
6. Accidental radiation exposure and azoospermia / G. Bezold [et al.] // *J. Andrology*. – 2000. – Vol. 21, № 3. – P. 403–408.
7. Cheburakov, B. Morphological changes in testicular tissue in clean-up personnel after the Chernobyl nuclear reactor accident / B. Cheburakov, S. Cheburakov, N. Belozerov // *Arkh. Patologii*. – 2004. – Vol. 66, № 2. – P. 19–21.
8. Esfahani A. F. Gonadal function in patients with differentiated thyroid cancer treated with ^{131}I // *Hellenic J. of Nuclear Med.* – 2004. – Vol. 7, № 1. – P. 52–55.

9. Grafstro, M. G. Rat testis as a radiobiological in vivo model for radionuclides. *Radiation protection / M. G. Grafstro // Radiation Protection Dosimetry.* – 2006. – Vol. 118, № 1. – P. 32–42.
10. In vivo effects of chronic contamination with ¹³⁷Cesium on testicular and adrenal steroidogenesis / E. Grignard [et al.] // *Arch. Toxicology.* – 2008. – Vol. 82, № 9. – P. 583–589.
11. Studies on the effects of irradiation of cellular particulates. Acceleration of recovery of phosphorylation by polyanions, recovery of phosphorylation / T. Henry [et al.] // *Biol. Bull.* – 1964. – Vol. 127. – № 3. – P. 526–537.
12. Lambrot, R. High radiosensitivity of germ cells in human male fetus / R. Lambrot // *J. Clin. Endocrinol. and Metabolism.* – 2007. – Vol. 92, № 7. – P. 2632–2639.
13. Lysenko, A. I. Morphological changes in male sexual glands in Kaluga regions contaminated with radionuclides / A. I. Lysenko, I. D. Kirpatovskii, S. S. Pisarenko // *Arkh. Patologii.* – 2000. – Vol. 62, № 4. – P. 27–31.
14. Comparison of effects of 0.5 and 3.0 Gy x-irradiation on lipid peroxidation and antioxidant enzyme function in rat testis and liver / V. Peltola [et al.] // *J. of Andrology.* – 1993. – Vol. 14, № 4. – P. 267–274.
15. Lycopene protects against cyclosporine A-induced testicular toxicity in rats / M. Sonmez [et al.] // *Theriogenology.* – 2007. – Vol. 67, № 4. – P. 778–785.
16. Wanga, B. Effects of prenatal irradiation with accelerated heavy-ion beams on postnatal development in rats: III. Testicular development and breeding activity // *Advances in Space Research.* – 2007. – Vol. 40, № 4. – P. 550–562.
17. Zhang, H. Alleviation of pre-exposure of mouse brain with low-dose ¹²C⁶⁺ ion or ⁶⁰Co gamma-ray on male reproductive endocrine damages induced by subsequent high-dose irradiation // *Intern. J. Andrology.* – 2006. – Vol. 29, № 6. – P. 592–596.

M. A. Al Meselmany, P. D. Shabanov

MORPHOFUNCTIONAL CONDITION OF TESTIS IN CONDITIONS OF RADIATION EXPOSURE

The review observes modern data about morph-functional of testis after their ionizing radiation, after low-dosed γ -ray and after incorporation of ¹³⁷Cs in low doses. The conception about antioxidative system of testicle and its reactions on ionizing radiation action is given. The typical morphological changes after action of penetrating radiation are also described.

Содержание

| | |
|--|-----------|
| ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ | 6 |
| Н. Н. Мирошниченко, А. В. Тертышная ОЦЕНКА МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ПОЧВ ОПОДЗОЛЕННОГО РЯДА С ПОЗИЦИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ | 6 |
| ИЗУЧЕНИЕ И РЕАБИЛИТАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ | 13 |
| Н. В. Гончарова, В. Ф. Ковалев, Е. В. Сермакшева ЛИПИДНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ МЕМБРАН РАСТЕНИЙ КАК ТЕСТ-СИСТЕМА ОКСИДНОГО СТРЕССА И УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЦЕНО- ЗОН | 13 |
| Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев, А. Д. Булохов, Н. Н. Панасенко АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЛУГОВЫХ АССОЦИАЦИЙ ВЕТКОВСКОГО РАЙОНА ГО- МЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРИГРАНИЧНОГО ЗЛЫНКОВСКОГО РАЙОНА БРЯН- СКОЙ ОБЛАСТИ ПОСЛЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС | 23 |
| ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ | 31 |
| Е. Е. Тарасова, М. А. Головач, С. С. Сымонович АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ХЛАМИ- ДИЙНОЙ ИНФЕКЦИИ | 31 |
| В. И. Дунай, Н. Г. Аринчина, В. Н. Сидоренко МОТИВАЦИЯ, ТИПЫ И ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА | 38 |
| М. А. Аль Меселмани, П. Д. Шабанов МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕМЕННИКОВ В УСЛОВИЯХ РАДИА- ЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ | 45 |
| М. А. Дубина РОЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗА- ТЕЛЕЙ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ... | 51 |
| О. А. Жигальцова-Кучинская, Н. Н. Силивончик, О. А. Юдина ИСХОДЫ И ПРОГНОЗ БОЛЕЗНИ ВИЛЬСОНА-КОНОВАЛОВА В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ | 59 |
| Г. И. Сидоренко, В. И. Дунай, Н. Г. Аринчина ДОНОЗОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ С РАЗЛИЧ- НЫМ УРОВНЕМ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ | 67 |

| | |
|---|------------|
| СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, ФИЛОСОФИЯ И ПРАВО | 73 |
| П. М. Ермолинский | |
| СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УГОЛОВНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СФЕРЕ ОХРАНЫ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И РЯДА СТРАН ЕВРОПЫ | 73 |
| ЭКОПРИОРИТЕТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА..... | 80 |
| А. А. Бутько, О. И. Родькин, Е. В. Иванова | |
| ОЦЕНКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БИОМАССЫ ИВЫ НА ПРИМЕРЕ КЛОНА SALIX VIMINALIS | 80 |
| СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ | 89 |
| С. Е. Головатый, З. С. Ковалевич, Н. К. Лукашенко | |
| СОДЕРЖАНИЕ НАТРИЯ И ХЛОРА В ПОЧВЕ НА ПОЛЯХ ИНТЕНСИВНОГО ПРИ- МЕНЕНИЯ НАВОЗНЫХ СТОКОВ | 89 |
| ВЛИЯНИЕ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗ- | |
| ДЕЙСТВИЙ НА ЭКОСИСТЕМЫ..... | 96 |
| Ю. Ю. Масалкова | |
| РАЗВИТИЕ ЯИЦ ТОКСОКАР И ИХ ВЫЖИВАЕМОСТЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМ- ПЕРАТУРЫ СРЕДЫ | 96 |
| Л. С. Чумаков, О. М. Масловский, Е. В. Чуйко, И. П. Сысой, А. В. Шевкунова, Р. В. Шиманович | |
| ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ Г. МИНСКА | 104 |
| ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ | 113 |
| М. Н. Рогожа | |
| АНАЛИЗ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ЭКОЛОГИИ ПТИЦ УКРАИНЫ: ИСТОРИ- ЧЕСКИЙ АСПЕКТ | 113 |
| А. В. Башилов, Н. Я. Борисевич | |
| ОСНОВНЫЕ НЕГАТИВНЫЕ «ЧЕРНОБЫЛЬСКИЕ» МИФЫ И СТЕРЕОТИПЫ..... | 118 |
| ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ..... | 123 |