

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(9)

2013 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в:

- Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)
- Перечень журналов и изданий ВАК Минобрнауки РФ (редакция май 2012г.)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 29.04.13.
Формат 60×90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 211 экз.
Усл. печ. л. 18,9. Уч.-изд. л. 16,2.
Зак. 1178.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины и экологии
человека»
ЛИ № 02330/619 от 3.01.2007 г.,
продлена до 03.01.2017

Отпечатано в Филиале БОРБИЦ
РНИУП «Институт радиологии».
220112, г. Минск,
ул. Шпилевского, 59, помещение 7Н

ISSN 2074-2088

Главный редактор

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., зам. гл. редактора), В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), Ю.В. Висенберг (к.б.н., отв. секретарь), Н.Г. Власова (к.б.н., доцент), А.В. Величко (к.м.н., доцент), В.В. Евсеенко (к.п.с.н.), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н.), А.Н. Лызииков (д.м.н., профессор), А.В. Макарчик (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н.), А.Е. Силин (к.б.н.), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), О.В. Черныш (к.м.н.), А.Н. Цуканов (к.м.н.), Н.И. Шевченко (к.б.н.)

Редакционный совет

А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), Ю.Е. Демидчик (д.м.н., член-корреспондент НАН РБ, Минск), В.И. Жарко (министр здравоохранения Республика Беларусь, Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), Я.Э. Кенигсберг (д.б.н., профессор, Минск), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., Минск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), В.П. Сытый (д.м.н., профессор, Минск), Н.Д. Тронько (д.м.н., профессор, Киев), В.П. Филонов (д.м.н., профессор), В.А. Филонюк (к.м.н., доцент, Минск), А.Ф. Цыб (д.м.н., академик РАМН, Обнинск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Е. Шевчук (к.м.н., Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Адрес редакции

246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,
ГУ «РНИЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97
<http://www.mbr.rcrm.by> e-mail: mbr@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический
центр радиационной медицины и
экологии человека», 2013

№ 1(9)

2013

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

- А.Н. Котеров, А.П. Бирюков**
Неоднозначность связи между повышением уровня цитогенетических повреждений и риском развития рака 6
- А.С. Подгорная, Т.С. Дивакова**
Современные технологии в лечении меноррагий у женщин 23
- А.Ф. Цыб, Е.В. Абакушина, Д.Н. Абакушин, Ю.С. Романко**
Ионизирующее излучение как фактор риска развития лучевой катаракты 34

Медико-биологические проблемы

- К.Н. Апсаликов, Т.Ж. Мулдагалиев, Т.И. Белихина, З.А. Танатова, Л.Б. Кенжина**
Анализ и ретроспективная оценка результатов цитогенетических обследований населения Казахстана, подвергавшегося радиационному воздействию в результате испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне, и их потомков 42
- Н.Г. Власова**
Апробация алгоритма расчета индивидуализированных накопленных доз внутреннего облучения включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся радиационному воздействию вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий 50
- А.С. Горячева, А.А. Лузянина, О.С. Изместьева, Л.П. Жаворонков, В.И. Дейгин**
Изучение механизмов регуляции начальных этапов гемопоэза трипептидом – dAla-dGlu-(dTrp)-OH 56
- Н.Н. Казачёнок, И.Я. Попова, В.А. Костюченко, В.С. Мельников, Г.В. Полянчикова, Ю.П. Тихова, К.Г. Коновалов, Г.Б. Россинская, А.И. Копелов**
Современная радиоэкологическая обстановка и источники радиоактивного загрязнения на реке Теча 63

Reviews and problem articles

- A.N. Koterov, A.P. Biryukov**
Ambiguous relationship between elevated levels of cytogenetic damages and cancer risk
- A.S. Podgornaya, T.S. Divakova**
Modern technologies in the treatment of menorrhagia in women
- A.F. Tsyb, E.V. Abakushina, D.N. Abakushin, Yu.S. Romanko**
Radiation as risk factor of Development the Radiation-induced Cataract

Medical-biological problems

- K.N. Apsalikov, T.J. Muldagaliev, T.I. Belikhina, Z.A. Tanatova, L.B. Kenzhina**
Retrospective analysis and evaluation of the results of cytogenetic studies of Kazakhstan's population has been subjected to radiation and their descendants, as a result of nuclear tests at the Semipalatinsk test site
- N.G. Vlasova**
Approval of algorithm for calculation of individualized accumulated internal doses at persons engaged in the State registry of the Chernobyl affected people
- A.S. Goryacheva, A.A. Luzyanina, O. S. Izmetieva, L. P. Zhavoronkov, V.I. Deigin**
The studying of the mechanism of regulation of the initial stages of hematopoiesis by tripeptide – dAla-dGlu-(dTrp)-OH
- N.N. Kazachonok, I.Y. Popova, V.A. Kostyuchenko, V. Melnikov, G.V. Polyanchikova, Y.P. Tihova, K.G. Konovalov, G.B. Rossinskaya, A.I. Kopelov**
Modern radioecological situation and sources of radioactive contamination in the river Tеча

В.В. Кляус
Воздействие на население инновационных ядерных энергетических систем в режиме нормальной эксплуатации 71

Е.Р. Ляпунова, Л.Н. Комарова
Изучение генетической нестабильности популяции *Chlorella vulgaris* после действия ионизирующего излучения разного качества 77

Н.П. Мишаева, В.А. Горбунов, А.Н. Алексеев
Влияние тяжелых металлов на биологию иксодовых клещей и их зараженность возбудителями природно-очаговых инфекций 83

Клиническая медицина

В.А. Доманцевич
Ультразвуковая диагностика адгезивного капсулита плечевого сустава 88

А.В. Жарикова
Неврологические и метаболические нарушения при гипотиреозе 94

О.А. Котова, И.А. Байкова, О.А. Теслова, О.А. Иванцов
Тревожно-депрессивные реакции и ощущение безнадежности у пациентов с различной давностью спинальной травмы 103

Т.Ж. Мулдагалиев, Е.Т. Масалимов, Р.Т. Болеуханова, Ж.К. Жагиппарова
Состояние вегетативного гомеостата среди экспонированного радиацией населения Восточно-Казахстанской области и их потомков в отдаленном периоде после формирования доз облучения 109

Г.Д. Панасюк, М.Л. Лушик
Особенности аутоиммунного тиреоидита у детей Гомельской области 116

О.Н. Шишко, Т.В. Мохорт, И.В. Буко, Е.Э. Константинова, Н.Л. Цапаева
Изменения системы глутатиона и микроциркуляторного русла у пациентов с нарушениями углеводного обмена 122

V.V. Kliaus
Impact on the population of innovative nuclear energy systems under normal operation

E.R. Lyapunova, L.N. Komarova
Study of genetic instability of *Chlorella vulgaris* population after effect of ionizing radiation of different quality

N.P. Mishaeva, V.A. Gorbunov, A.N. Alekseev
Influence of heavy metals on the biology of ixodid ticks and their infection pathogens of natural focal infections Nations

Clinical medicine

V.A. Domantsevich
Ultrasound diagnostics of adhesive capsulitis of the shoulder joint

A.V. Zharikova
Neurological and metabolic disorders in hypothyroidism

O.A. Kotova, I.A. Baykova, O.A. Teslova, O.A. Ivantsov
Anxiety, depression and hopelessness in patients with spinal injury of various durations

T.J. Muldagaliev, E.T. Masalimov, R.T. Boleuhanova, Z.K. Zhagipparova
Condition of vegetative system among the population of the East Kazakhstan area exhibited by radiation and their descendants in the remote period after formation of doses of radiation

G.D. Panasyuk, M.L. Luschik
Features autoimmunnygo tiroidita children from Gomel region

O.N. Shyshko, T.V. Mokhort, I.V. Buko, E.E. Konstantinova, N.L. Tsapaeva
Changes in glutathione system and microcirculation in patients with prediabetes and type 2 diabetes

Обмен опытом

- Г.А. Романова**
Эффективность многолетнего скрининга заболеваний у населения Брянской области, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях 130
- И.К. Хвостунов, Н.Н. Шепель, А.В. Севанькаев, В.Ю. Нугис, О.Н. Коровчук, Л.В. Курсова, Ю.А. Рагулин**
Совершенствование методов биологической дозиметрии путем анализа хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови человека при облучении *in vitro* и *in vivo* 135
- Р.А. Сакович**
Мультиспиральная компьютерная томография в кардиологической практике 148
- Правила для авторов 157

Experience exchange

- G.A. Romanova**
The effectiveness of long-term disease screening in the population of the Bryansk region, living in radionuclide contaminated territories
- I.K. Khvostunov, N.N. Shepel, A.V. Sevan'kaev, V.Yu. Nugis, O.N. Korovchuk, L.V. Kursova, Yu.A. Ragulin**
The improvement of methods of biological dosimetry by analysis of chromosomal aberrations induced in human blood lymphocytes *in vitro* and *in vivo*
- R.A. Sakovich**
Multislice computed tomography in cardiology practice

**ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ
ПОПУЛЯЦИИ *CHLORELLA VULGARIS* ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ
ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗНОГО КАЧЕСТВА***ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск, Россия*

В статье представлены данные о закономерностях действия редко- и плотноионизирующих излучений на культуру зеленой одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris*. Приводятся значения ОБЭ α -облучения (^{239}Pu , ЛПЭ = 125 кэВ/мкм) для хлореллы. В ходе данного исследования получены кривые выживаемости клеток хлореллы, предварительно облученных редко- и плотноионизирующим излучением в эквивалентных дозах 50, 150, 300, 400 Гр. Впервые обнаружены разные типы инактивации клеток под действием ионизирующих излучений и выявлены эффекты дорастания клеток хлореллы, характеризующие генетическую нестабильность популяции. Показано, что при воздействии плотноионизирующего излучения клетки способны формировать колонии в более поздние сроки в сравнении с клетками, подвергшимися действию редкоионизирующего.

Ключевые слова: γ -излучение, α -частицы, хлорелла, ОБЭ, эффект дорастания

Закономерности летального действия ионизирующих излучений с разной линейной передачей энергии (ЛПЭ) на клетки обусловлены как физическими характеристиками излучений, так и биологическими свойствами самих клеток – прежде всего процессами репарации радиационных повреждений. Характер влияния γ -излучения зависит от энергии γ -квантов и пространственных особенностей облучения, например, внешнего или внутреннего. Под влиянием γ -облучения у растений, животных или микроорганизмов меняется сбалансированный обмен веществ, ускоряется или замедляется (в зависимости от дозы) течение физиологических процессов, наблюдаются сдвиги в росте, развитии [1]. Было показано, что плотноионизирующие излучения, характеризующиеся более высокими значениями линейных потерь энергии (ЛПЭ), были более эффективными по многим показателям [2, 3]. Для правильной интерпретации механизмов летального действия излучения на живые организмы решающее значение имеет изучение закономерностей гибели облученных клеток, а для понимания отдаленных последствий облучения – изучение выживших после облучения клеток.

Анализируя связь величины эффекта дорастания с формой кривой выживания, эффект дорастания можно объяснить, допустив замедленное (по сравнению с контролем) формирование колоний из тех клеток, которые получили при облучении субкритическое число повреждений [4]. При дозах, вызывающих гибель 50 % клеток и более, потомки большинства выживших клеток оказываются наследственно измененными. Облучение на протяжении сотен клеточных поколений вызывает у них неустойчивое состояние ядерного аппарата. Выжившие после облучения клетки производят часто неполноценное потомство – клеточные клоны с измененной наследственностью, с повышенной смертностью и искажениями жизненно важных функций. Эффекты дорастания хорошо изучены у различных клеточных линий, но данных по изучению генетической нестабильности после действия ионизирующей радиации на популяции растений представлено очень немного.

Поэтому представляло интерес провести сравнительное изучение выживаемости клеток хлореллы, облучаемых в различных стадиях роста γ -квантами ^{60}Co , линейная потеря энергии (ЛПЭ) = 0,2 кэВ/мкм, и

α -частицами ^{239}Pu (ЛПЭ = 125 кэВ/мкм), а также изучить эффекты дорастания, определяющие генетическую нестабильность изучаемых клеток.

Такие данные могут представить интерес как с теоретической точки зрения, так и при интерпретации норм радиационной безопасности.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследований выбрана одноклеточная зеленая водоросль *Chlorella vulgaris*, с использованием которой другими авторами получена уникальная информация о мутагенных и летальных эффектах высоких доз внешнего облучения, продуктов ядерного деления ^{235}U разного возраста [5], неорганических и органических соединений в модельных растворах [6], компонентов природных и промышленных вод [7]. Хлорелла – удобный объект биологического мониторинга состояния природных экологических систем [8], поскольку имеет широкий ареал распространения и присутствует как в водоемах, так и на почвах.

Размножается хлорелла исключительно автоспорами (бесполое размножение), образуясь обычно по 4-8 в одной клетке и освобождающимися после разрыва ее стенки. Для хлореллы характерны очень высокие темпы размножения. Благодаря этому она стала объектом массового культивирования для использования в самых разных направлениях.

Для клеток хлореллы характерны несколько типов инактивации. Во-первых, это гибель без предварительного роста на стадии молодой клетки, при облучении – гибель «под лучом». Во-вторых, клетка может погибнуть, увеличив свой объем до объема материнских клеток и больше. При этом в клетке иногда видны контуры автоспор [9]. Наконец, клетка может несколько раз спорулировать и дать патологическую микроколонию.

Разработка метода микроколоний применительно к клеткам хлореллы позволяет произвести детальный анализ дозовой

зависимости появления различных форм инактивации клеток этого объекта [4].

В качестве среды для культивирования хлореллы выбрана жидкая среда Тамия следующего состава: KNO_3 – 5,0; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 2,5; KH_2PO_4 – 1,25; FeSO_4 – 0,003 г/л. Питательная среда и растворы всех солей готовятся на дистиллированной воде и не подвергаются стерилизации. Для избежания образования осадка навеску каждого вещества сначала растворяют в небольшом количестве воды, а затем растворы сливают вместе в указанной выше последовательности и доливают воду до соответствующего объема. Перед внесением водорослей приготовленная среда разбавляется в два раза дистиллированной водой. Нарращивание культуры водоросли производилось в специально разработанном для этих целей многоцветном культиваторе КВМ-05. Засев водоросли производится с начальной плотностью 0,1-0,15 единиц оптической плотности (Р), значение которой постоянно регистрируется в процессе культивирования измерителем плотности суспензии ИПС-03. При оптимальных условиях культивирования клетки выходят на стационарную фазу на 8 сутки с последующим постепенным замедлением эффективности роста.

Облучение проводили γ -квантами ^{60}Co на установке «Исследователь» (мощность дозы 28,3 Гр/мин) и α -частицами ^{239}Pu (ЛПЭ = 125 кэВ/мкм) по следующему принципу: небольшую каплю суспензии (0,1 мл) концентрацией 10^6 кл/мл (подсчитывается в камере Горяева) помещали на поверхность голодного агара, после чего жидкая среда выпаривалась, а оставшийся монослой клеток подвергали воздействию излучения.

Действие излучения оценивали по выживаемости и типам инактивации клеток методом микроколоний. Выживаемость определялась по количеству клеток, сохранивших способность к делению относительно контрольного образца. Выжившими для репродуктивной формы гибели считали клетки, образовавшие микроколонии из 10 и более клеток. Для теста «гибель

клеток без деления» – погибшими считали клетки, не поделившиеся ни одного раза, а выжившими – клетки, поделившиеся за сутки хотя бы один раз.

В качестве первичного теста на генетическую нестабильность использовали эффект дорастания клеток. Эффект оценивали как число колоний, выросших в разное время после облучения, к общему числу колоний, выросших при данной дозе за все время наблюдения, в процентах.

Инактивирующие повреждения образуются из первично индуцированных излучением повреждений. Клетки с некоторой вероятностью способны формировать колонии, даже если у них имеются инактивирующие повреждения. Колонии, сформированные клетками, имеющими инактивирующие повреждения, определяют эффект дорастания: они имеют меньшие размеры и вырастают в более поздние сроки, чем колония из неповрежденных клеток. При этом, чем сильнее повреждена выживающая после облучения клетка, тем позже из нее формируется колония.

Результаты исследований обрабатывали и оценивали с применением методов вариационной статистики.

Результаты исследования

На рисунке 1 представлены кривые роста культуры хлореллы с выходом на стационарную фазу для необлученной (кривая 1) и облученной (кривая 2) суспензии.

Видно, что в облученной культуре клетки выходят на стационарную фазу с запозданием (относительно контроля) и меньшим набором массы из-за некоторого количества клеток, погибших без деления, а также из-за накопления субповреждений, которые приводят к более позднему сроку формирования колоний.

На рисунке 2 представлены кривые зависимости выживаемости клеток хлореллы, облученных в логарифмической стадии роста, от продолжительности облучения разными видами излучений. На рисунке 2 кривая 1 получена сразу после облучения клеток γ -квантами, а кривая

2 – после облучения α -частицами. Видно, что выживаемость хлореллы, облученной α -частицами, ниже, чем клеток, облученных такой же дозой γ -квантов. Поскольку кривые выживаемости после обоих видов излучения были экспоненциальными, значение относительной биологической эффективности (ОБЭ), определяемое отношением изоэффективных доз на кривых выживаемости после γ - и α -облучения не зависело от уровня выживаемости, для которого оно рассчитывалось. В данном случае ОБЭ α -излучения равна 3.

Кроме того, обнаружены разные типы гибели клеток, как без деления, так и после первого или второго деления. Количественное соотношение типов инактивации менялось с увеличением дозы облучения. Так, при дозах от 10 до 50 Гр преобладала гибель после второго деления, а при дозах от 100 до 300 Гр – гибель клеток до деления.

Следующим этапом исследования было изучение эффекта дорастания клеток от дозы облучения. На рисунке 3 представлена зависимость эффекта дорастания клеток хлореллы от дозы γ -облучения. Число колоний подсчитывалось непосредственно после 24, 48, 72, 96, 120, 144 часов после облучения. Из рисунка видно, что с возрастанием дозы облучения количество поздно формирующихся колоний увеличивается (рисунк 3).

Из рисунка 3 видно, что дозы в 50 и 100 Гр хотя и не снижают выживаемость популяции одноклеточной водоросли на 50%, индуцируют большое количество субповреждений, в результате чего количество дорастающих колоний значительно отличается от контрольных клеток, особенно в поздние сроки. Дозы же в 350 – 450 Гр вызывают такое количество повреждений, что рост клеток почти полностью прекращается через двое суток после облучения.

Если же рассматривать время, необходимое клеткам для восстановления от сублетальных повреждений, то здесь можно отметить, что после 48 часов дорастание наиболее интенсивно, следовательно, клеткам необходимо не менее двух дней для активации систем репарации и исправления

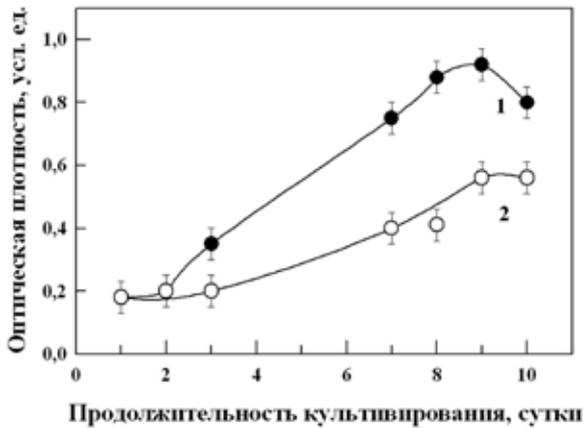


Рисунок 1 – Кривые роста *Chlorella vulgaris* в необлученной (1) и облученной (2) суспензиях

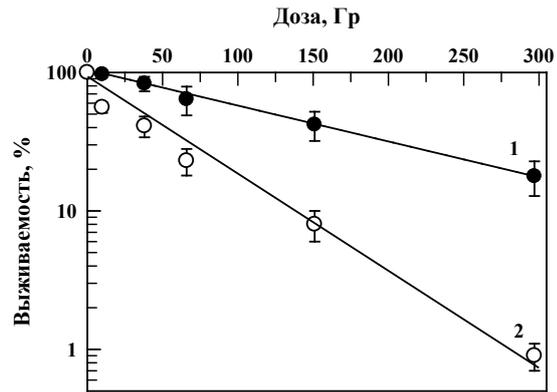
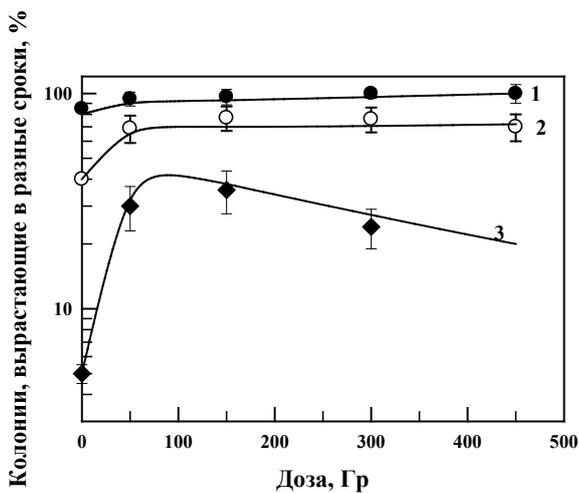
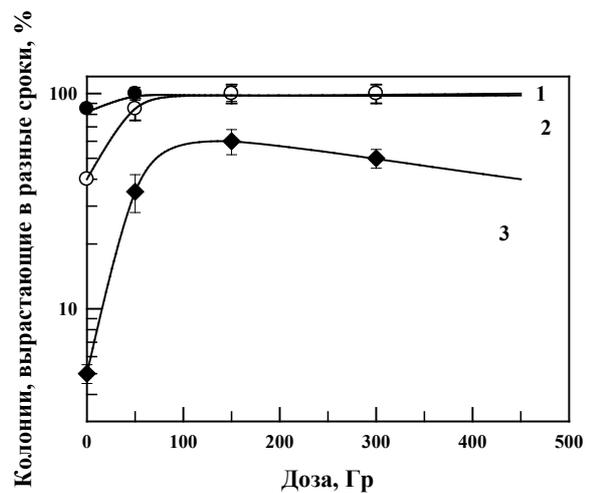


Рисунок 2 – Выживаемость клеток хлореллы после облучения γ -квантами (кривая 1) и α -частицами (кривая 2).



Кривая 1 – количество колоний, вырастающих после 36 часов; кривая 2 – количество колоний, выросших после 48 часов; кривая 3 – количество колоний, выросших после 96 часов

Рисунок 3 – Зависимость эффекта дорастания клеток хлореллы от дозы γ -облучения



Кривая 1 – количество колоний, вырастающих после 36 часов; кривая 2 – количество колоний, выросших после 48 часов; кривая 3 – количество колоний, выросших после 96 часов

Рисунок 4 – Зависимость эффекта дорастания клеток хлореллы от дозы α -облучения

ошибок. Однако после 72 часов интенсивность вновь выросших клеток уменьшается, что говорит о неоднородности клеточной популяции: одним и тем же клеткам требуется разное время для восстановления.

Обнаружив эффект дорастания в случае действия редкоизирующего излучения и оценив интенсивность его проявления в зависимости от дозы, возник вопрос о существовании этого эффекта при действии плотноизирующего излучения. На рисунке 4 представлена зависимость эффекта дорастания клеток хлореллы от дозы α -облучения.

Если оценить время, необходимое клеткам для восстановления от сублетальных повреждений при действии плотноизи-

рующего облучения, то оно соответствует времени, необходимому клеткам для восстановления при действии редкоизирующего облучения, и составляет около 48 часов. После 72 часов дорастание колоний уменьшается пропорционально времени и минимально после 96 часов, тогда как при действии γ -излучения появление колоний наблюдалось и после 72 часов. Следовательно, плотноизирующее излучение продуцирует большее количество повреждений на единицу дозы.

Если рассматривать разные типы инактивации клеток, видно, что после воздействия плотноизирующего излучения снижается количество клеток, способных

образовывать колонии, в связи с большим числом клеток, погибающих «под лучом».

Таким образом, показано, что ОБЭ плотноионизирующего излучения для хлореллы равна 3. При облучении хлореллы α -частицами выход клеток, погибающих без деления, с увеличением дозы резко возрастает, и он выше, чем при облучении γ -квантами. Эффект дорастания клеток, характеризующий генетическую нестабильность, проявляется как при действии редкоионизирующего, так и при действии плотноионизирующего излучения. При этом дозы, индуцирующие субповреждения в наибольшей степени, для них различны. Для γ -излучения этот диапазон находится в пределах 50-100 Гр, для α -излучения он смещен в меньшую сторону и составляет 20-50 Гр. Минимальное время, необходимое клеткам для восстановления, одинаково, и составляет около 48 часов. При этом плотноионизирующее излучение вносит больше повреждений на единицу дозы, поэтому клетки, способные восстановиться, дают колонии не позднее 48 часов после облучения.

Библиографический список:

1. Капульцевич, Ю.Г. Количественные закономерности лучевого поражения клеток / Ю.Г. Капульцевич – М.: Атомиздат, 1978. – 230 с.
2. Мазурик, В.К. Радиационно-индуцируемая нестабильность генома: феномен, молекулярные механизмы, патогенетическое значение / В.К. Мазурик, В.Ф. Михайлов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2001. – Т. 41, № 3. – С. 272-289.

3. Mothersill, C. Expression of delayed toxicity and lethal mutations in the progeny of human cells surviving exposure to radiation and other environmental mutagens / C. Mothersill, M. Crean, M. Lyons // Int. J. Radiat. Biol., 1998. – V. 74, №6. – P. 673-680.

4. Капульцевич, Ю.Г., Анализ радиобиологических реакций дрожжевых клеток / Ю.Г. Капульцевич, В.И. Корогодина, В.Г. Петин // Радиобиология. – 1972. – Т.12, №2. – С. 267-274.

5. Шевченко, В.А. Радиационная генетика одноклеточных водорослей / В.А. Шевченко. – М.: Наука, 1979. – 256 с.

6. Wong, M.H. Effects of cobalt and zinc to *Chlorella pyrenoidosa* in soft and hard water / M.H. Wong // Microbiosis. – 1980. – V. 28. – P. 19-25

7. Жмур, Н.С. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водоросли / Н.С. Жмур, Т.Л. Орлова // Федеральный реестр. Фр. 1.39.2001.00284. – М.: «Акварос», 2001. – 44 с.

8. Соколов, М.С. Биогенетические критерии экологического нормирования / М.С. Соколов, О.Д. Филипчук, Л.В. Цаценко // Сельскохозяйственная биология. – 1998. – № 3. – С. 3-24.

9. Шевченко, В.А. О мутационном процессе в популяциях одноклеточных водорослей при остром и хроническом облучении ионизирующей радиацией / В.А. Шевченко, В.П. Визгин, А.Я. Алексеев // Генетика. – 1969. – №9. – вып.5. – С.61-73

E.R. Lyapunova, L.N. Komarova

STUDY OF GENETIC INSTABILITY OF CHLORELLA VULGARIS POPULATION AFTER EFFECT OF IONIZING RADIATION OF DIFFERENT QUALITY

The article presents data on the regularities of influence of infrequently and densely ionizing radiation on the culture of the green unicellular algae *Chlorella vulgaris*. The values of the RBE α -irradiation (^{239}Pu , LET = 125 keV / micrometer) for *Chlorella* are given. In this study, there have been obtained the survival curves of *Chlorella* cells, previously irradiated by infrequently and densely ionizing radiation at equivalent doses of 50, 150, 300, 400 Gy. For the first

time there have been discovered different types of cell inactivation under the effect of ionizing radiation and there have been found the growth effects of *Chlorella* cells, which characterize the genetic instability of the population. It is shown that under the influence of densely ionizing radiation the cells are able to form colonies at a later date, compared with cells subjected to the influence of infrequently ionizing radiation.

Key words: *γ-rays, α-particles, chlorella, RBE, growth effect*

Поступила 11.02.13