

цепи, что положительно сказывается на процессе взаимодействия ПЭ с мелкими частицами почвы. В этом случае экспериментально доказано, что нейтрализация карбоксидных групп органическими аминами положительно сказывается на усилении структурообразующего действия исследованных ПЭ. При этом степень увеличения структурообразующего эффекта в определенной мере зависит от природы и состава

функциональных групп, влияющих на конформационное состояние макромолекулы.

Таким образом установлено, что на физико-химические свойства растворов ПЭ и структурообразующее действие исследованных полиэлектролитов существенное влияние оказывают значения pH растворов ПЭ, состав, соотношение, расположение, а также природа функциональных групп, меняющиеся в зависимости от pH и вида нейтрализующего реагента.

Библиографический список

1. Качинский, Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. – М.: Изд. АН СССР, 1958.
2. Черников, В.А. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др. – М.: Колос, 2000.
3. Лопырев, М.И. Защита земель от эрозии и охрана природы / М.И. Лопырев, Е.И. Рябов. – М.: Агропромиздат, 1989.
4. Ахмедов, К.С. Устойчивость и структурообразование в дисперсных системах / К.С. Ахмедов, А.А. Асанов [и др.]. – Ташкент: Изд. ФАН, 1976.
5. Junping Zhang, et al // Ind. Eng. Chem. Res. – 2006. – № 45.
6. Ахмедов, К.С. Водорастворимые полимеры и их взаимодействие с дисперсными системами / К.С. Ахмедов [и др.]. – Ташкент: Изд. ФАН, 1969.
7. Асанов, А.А. // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Математическая наука и ее вклад в развитие прикладных научных исследований». – Тараз, 2010.

Bibliography

1. Kachinsky, N.A. Mechanical and microaggregative soil composition, methods of its study. – M., 1958.
2. Chernikov, V.A. Agroecology / V.A. Chernikov, R.M. Aleksakhin, A.V. Golubev et al. – M., 2000.
3. Lopyrev, M.I. Protection of land from erosion and nature conservation / M.I. Lopyrev, E.I. Ryabov. – M., 1989.
4. Akhmedov, K.S. Stability and structure formation in dispersion / K.S. Akhmedov, A.A. Asanov et al. – Tashkent, 1976.
5. Junping Zhang, et al // Ind. Eng. Chem. Res. – 2006. – № 45.
6. Akhmedov, K.S. Water-soluble polymers and their interaction with dispersion / K.S. Akhmedov et al. – Tashkent, 1969.
7. Asanov, A.A. // Proceedings of Republican Theoretical and Practical Conference “Mathematical Science and its Contribution to the Development of Applied Research”. – Taraz, 2010.

Статья поступила в редакцию 01.04.11

УДК 614.876+612.181.4

Meshkov N.A. ADAPTIVE REACTION IN A DISTANT PERIOD AFTER RADIATION EXPOSURE. The average radiation dose received by the population living on the territory of the Altai Republic during the nuclear tests at the Semipalatinsk test site was 151,4 mSv (from 4,0 to 361,5 mSv). It was found that the biological age of population depended on the radiation dose ($r=0,997$; $p=0,001$): the percentage of men with the slow rate of aging increased with the increasing radiation dose received by them ($r = 0,949$; $p = 0,05$), and among women – on the contrary ($r=0,992$; $p=0,01$). The differences found in the adaptive reaction to the consequences of radiation exposure could possibly be explained by sexual dimorphism: males were characterized by the increased activity of the sympathetic nervous system, while females – by the increased parasympathetic activity.

Key words: Semipalatinsk test site, nuclear tests, radiation dose, biological age, the rate of aging, autonomic nervous system.

Н.А. Мешков, в.н.с., д-р. мед. наук, проф. НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН, г. Москва, E-mail: professor121@rambler.ru

АДАПТИВНАЯ РЕАКЦИЯ ОРГАНИЗМА В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Величина средней накопленной за время ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне дозы облучения населения Республики Алтай, проживавшего на ее территории в тот период, составила 151,4 мЗв (от 4,0 до 361,5 мЗв). Выявлена зависимость биологического возраста от дозы облучения ($r=0,997$; $p=0,001$), при этом среди мужчин по мере увеличения дозы возрастала доля лиц с замедленным темпом старения ($r=0,949$; $p=0,05$), а среди женщин – наоборот ($r=0,992$; $p=0,01$). Выявленные различия в адаптивной реакции организма на последствия радиационного воздействия в отдаленном периоде, возможно, обусловлены половым диморфизмом: у мужчин повышена активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, а у женщин – парасимпатического.

Ключевые слова: Семипалатинский полигон, ядерные испытания, доза облучения, биологический возраст, темп старения, вегетативный статус.

Радиационное воздействие существенно осложняет и нарушает процессы адаптации организма. В ответ на ионизирующее излучение он реагирует вегетативными расстройствами с активацией симпатического отдела вегетативной нервной системы. Адаптивная реакция организма в диапазоне доз от 8 до 30 сГр проявляется функциональными сдвигами в виде чередования влияния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, свидетельствующих о снижении адаптационных возможностей, оставаясь

в пределах физиологической нормы, но при дозе более 30 сГр эти изменения становятся устойчивыми [1]. Спустя три десятилетия после ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне отдаленные эффекты облучения при дозе облучения 200 сЗв у лиц в возрасте 35-60 лет проявлялись нарушением гемодинамики с преобладанием влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы [2]. Аналогичная реакция наблюдается и у 70-76 % детей – потомков облученных. У них выявлена симпатикотония с гиперреактивностью, что служит

основанием для включения таких детей в группу риска по гипертонической болезни и ишемической болезни сердца [3].

Воздействие малых доз, снижая резерв адаптационных возможностей, способствует преждевременному старению. Увеличение биологического возраста (БВ) и индекса преждевременного старения выявлено у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, но достоверной зависимости количества потерянных лет жизни от дозы внешнего облучения не установлено [4-6]. Спустя 8-9 лет после аварии превышение величины должного биологического возраста у ликвидаторов достигало 11 лет. Наряду с радиационным воздействием существенный вклад в ускорение процессов старения и увеличение БВ ликвидаторов последствий радиационных аварий вносят хронические заболевания. У ветеранов подразделений особого риска БВ также превышает календарный возраст. Ускорение процессов старения у них наряду с влиянием факторов, характерных для предыдущей профессиональной деятельности, может быть обусловлено хронической полипатологией и психосоматическими нарушениями [7-8].

Население Республики Алтай неоднократно подвергалось радиационному воздействию в период ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне в 1949-1962 годах. Выявлено снижение удельного веса населения республики в возрасте от 50 до 64 лет, проживавшего на ее территории в период 1949-

1962 гг. и подвергавшееся радиационному воздействию при прохождении облаков ядерных взрывов, в большей степени за счет мужского населения, что, возможно, обусловлено половым диморфизмом в отдаленных последствиях.

Объем и методы исследования. Всего было обследовано 212 жителей сельских районов Республики Алтай, проживавших на их территории в период атмосферных испытаний ядерных устройств на Семипалатинском полигоне, в том числе 28,2% мужчин и 71,8% женщин.

Дозы облучения реконструированы с применением метода [9] в соответствии с алгоритмом. Адаптивную реакцию организма оценивали по биологическому возрасту (БВ), интегральному показателю адаптационного состояния организма, и темпу старения (ТС) [10]. Состояние вегетативной нервной системы определяли методом вариационной пульсометрии [11] по индексу напряжения (ИН) и показателю активности регуляторных систем (ПАРС).

Результаты и обсуждение. Средние величины дозы облучения, календарного и биологического возраста для всей обследованной когорты, а также для мужчин и женщин представлены в таблице 1. Выявлены различия только между средними величинами биологического возраста у мужчин и женщин ($t=4,92$).

Таблица 1

Средние величины дозы облучения мужчин и женщин различного возраста, мЗв

	Возраст, лет		Дозы
	календарный	биологический	
Оба пола	52,1±0,9	53,2±1,0	104,3±6,4
Мужчины	53,4±1,8	60,3±1,6*	97,2±14,2
Женщины	51,6±1,0	50,5±1,1	107,1±6,9

Примечание: * – $p = 0,001$

Анализ зависимости БВ от дозы облучения выявил слабую тенденцию к его снижению с увеличением дозы облучения – $y = -0,0135x + 56,116$ ($r=0,083$; $t=1,16$; $p=0,5$), но после ранжирования доз облучения в соответствии с Концепцией [12] на три группы <50, 50-250 и >250 мЗв и соответствующе-

го распределения величин БВ между ними выявлена сильная и весьма высокая связь (табл. 2). Из таблицы 2 видно, что уравнения аппроксимации указывают на обратную зависимость БВ от дозы облучения независимо от пола.

Таблица 2

Зависимость величины БВ от дозы облучения

Категории обследованных	Множественный R	t-Стьюдента	Уравнение аппроксимации
Оба пола	0,997	23,28 ($p=0,001$)	$y = -0,023x + 57,201$ ($R^2=0,995$)
Мужчины	0,987	10,53 ($p=0,001$)	$y = -0,0365x + 66,041$ ($R^2=0,974$)
Женщины	0,982	8,88 ($p=0,001$)	$y = -0,0178x + 53,03$ ($R^2=0,963$)

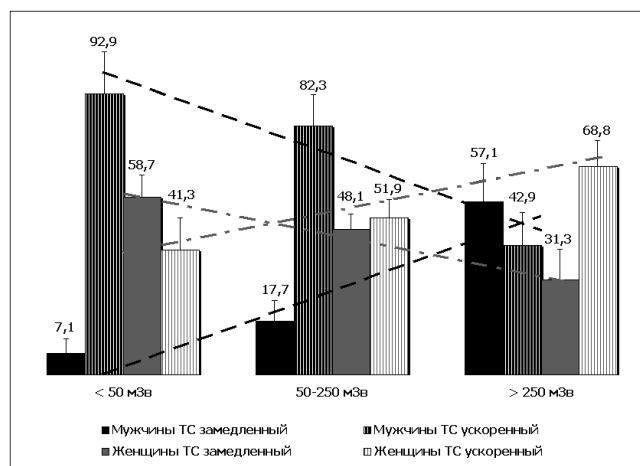


Рис. 1. Распределение мужчин и женщин по темпу старения в зависимости от дозы облучения, %

Снижение БВ с возрастанием дозы облучения можно было бы объяснить тем, что в молодом возрасте, в отличие от старшего, значения БВ, как правило, превышают хронологический возраст [13]. Поэтому, возможно, БВ ниже у лиц с высокой накопленной дозой облучения, так как чем старше человек, тем больше накопленная доза. Но это предположение не согласуется с результатами регрессионного анализа «хронологический возраст – биологический возраст», свидетельствующими о снижении адаптационных возможностей организма с увеличением хронологического возраста как у населения Республики Алтай ($r=0,974$; $t=8,65$; $p=0,01$), так и у населения Республики Хакасия ($r=0,857$; $t=3,32$; $p=0,05$), не подвергавшегося радиационному воздействию.

Вместе с тем анализ распределения по темпу старения выявил различия в адаптивной реакции мужского и женского

организма на последствия радиационного воздействия в отдаленном периоде (рис. 1). Как показано на рисунке 1, у мужчин с увеличением дозы облучения возрастает удельный вес лиц с замедленным темпом старения ($r=0,949$; $t=5,21$; $p=0,05$), а у женщин – наоборот ($r=-0,992$; $t=13,2$; $p=0,01$).

Распределение по темпу старения, на первый взгляд, указывает на возрастание у мужчин уровня адаптационных возможностей организма с увеличением дозы в отличие от женщин, но результаты исследования вегетативного статуса методом вариационной пульсометрии [11] свидетельствуют об обратном. Установлено, что у мужчин ИН указывает на избыточную активизацию симпатического отдела вегетативной нервной системы, а у женщин – парасимпатического (рис. 2).

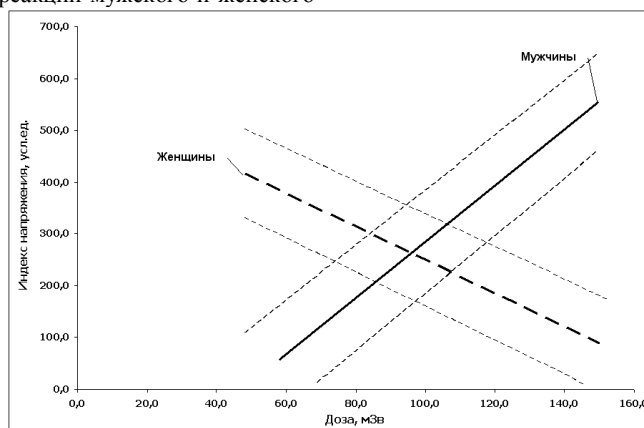


Рис. 2. Зависимость вегетативного статуса у мужчин и женщин от дозы облучения

На рисунке 2 показано, что у мужчин наблюдается повышение активности симпатического отдела нервной системы ($y=5,4298x-259,09$), а у женщин – парасимпатического ($y=3,2162x+570,64$).

Как известно, активизация симпатической нервной системы обеспечивает реализацию эрготропной функции за счет торможения анаболических процессов и активации катаболи-

ческих. Последние при сниженных функциональных резервах обеспечивают организм большим количеством энергии для адаптации, что и происходит у мужчин. Такое состояние вегетативного статуса ведет к перенапряжению регуляторных механизмов, о чем свидетельствует динамика ПАРС у мужчин и женщин (рис. 3).

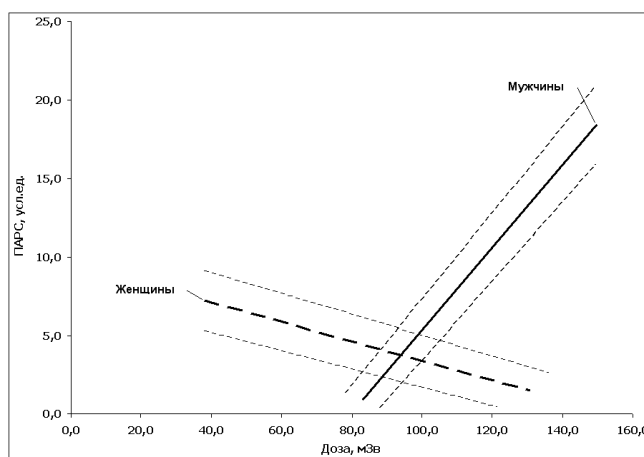


Рис. 3. Зависимость показателя активности регуляторных систем у мужчин и женщин от дозы облучения

На рисунке 3 видно, что ПАРС у мужчин возрастает с дозой облучения ($r=0,857$; $t=3,32$; $p=0,05$), влияние этого фактора на состояние регуляторных систем достигает 99,9%, а у женщин этот показатель снижается, хотя и недостоверно.

На основании полученных данных можно предположить, что отдаленные последствия радиационного воздействия у женщин в отличие от возрастных изменений проявляются снижением функционального напряжения функциональных

систем, в то время как у мужчин наблюдается обратный процесс.

Известно, что с возрастом любая избыточная нагрузка под воздействием факторов риска может стимулировать переход в стадию истощения [14]. Одним из таких факторов может быть радиационное воздействие в период ядерных испытаний, что подтверждается повышенной активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы у облученных, спус-

тя три десятилетия после начала испытаний на Семипалатинском полигоне [2].

Выводы.

1. Выявлено снижение величины биологического возраста с увеличением накопленной дозы облучения ($r=-0,997$; $p=0,001$). При этом отмечено возрастание удельного веса мужчин с замедленным темпом старения ($r=0,949$; $p=0,05$), а среди женщин – с ускоренным темпом старения ($r=-0,992$; $p=0,01$).

2. Замедление темпа старения у мужчин происходит вследствие активизации симпатического отдела вегетативной нервной системы ($ИН>300$ усл.ед.), что способствует интенсивной деятельности организма и в итоге приводит к истоще-

нию его защитных сил, о чем свидетельствует рост величины ПАРС с увеличением дозы облучения ($r=0,857$; $p=0,05$).

3. Ускорение темпа старения у женщин обусловлено тенденцией к активизации парасимпатического отдела вегетативной нервной системы ($ИН<200$ усл.ед.), что способствует восстановлению адаптационных ресурсов.

4. Выявленные различия в адаптивной реакции организма на последствия радиационного воздействия в отдаленном периоде обусловлены, видимо, половым диморфизмом в функционировании основных жизненно важных систем организма, и в первую очередь, адаптационными ресурсами сердечно-сосудистой системы.

Библиографический список

1. Бобков, Ю.И. Медицинские последствия действия ионизирующей радиации в малых дозах / Ю.И. Бобков, О.Г. Польский, В.В. Вербов [и др.] // Биологические эффекты и медицинские последствия ионизирующей радиации в малых дозах. – М., 2001.
2. Белозеров, Е.С. Вредные последствия Семипалатинского испытательного ядерного полигона / Е.С. Белозеров, А.М. Мухамеджанов // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. – 2005. – № 1.
3. Кравцов, А.М. Группа риска по гипертонической болезни среди детей Алтайского края – потомков лиц, подвергшихся воздействию ядерного взрыва на Семипалатинском полигоне в августе 1949 года / А.М. Кравцов, Г.И. Выходцева, С.М. Суслин // Актуальные проблемы абдоминальной патологии у детей. – М., 2004.
4. Свиarenко, А.В. Характер розладів функціонального стану вегетативної нервової системи у осіб чорнобильського контингенту / А.В. Свиarenко // Укр. радіол. журнал. – 1997. – №3.
5. Игнатов, А.А. Дозы внешнего облучения и сокращение жизни ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС – работников предприятий Минатома России / А.А. Игнатов, А.Р. Туков, Э.П. Коровкина [и др.] // Мед. радиол. и радиац. безопас. – 2006. – Т. 51. – № 5.
6. Kolomiets, I.I. Biological age of the man as the indicator pollution of environment with radionuclids. - URL: <http://www.inauka.ru/blogs/article36953/print.html>
7. Алишев, Н.В. Показатели биологического возраста и ускоренное старение у ликвидаторов последствий радиационных аварий / Н.В. Алишев, А.С. Свистов, Н.Н. Рыжман [и др.] // Успехи геронтологии. – 2006. – №18.
8. Блошинский, И.А. Результаты оценки состояния здоровья ветеранов подразделений особого риска // Вестн. психотерапии. – 2007. – № 22.
9. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Метод определения поглощенной дозы внешнего гамма-излучения по термолуминесценции кварца строительной керамики. Порядок проведения измерений. - ГОСТ Р 22.8.08-2001.
10. Мазурин, Н.В. Гомеостатический потенциал и биологический возраст человека / Н.В. Мазурин, В.А. Пономаренко, Г.П. Ступаков. – М.: Медицина, 1991.
11. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: методические рекомендации // Уральский кардиологический журнал. – 2002. – № 1.
12. Гордеев, К.И. Концепция реабилитации населения и нормализации экологической, санитарно-гигиенической, медико-биологической и социально-экономической ситуации в населенных пунктах Алтайского края, расположенных в зоне влияния ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне / К.И. Гордеев, О.Т. Балуев, Н.Г. Даренская [и др.] // Вест. науч. программы «Семипалатинский полигон – Алтай». – 1995. – № 3.
13. Смирнова, Т.М. Проблемы определения биовозраста: сравнение эффективности методов линейной и нелинейной регрессии / Т.М. Смирнова, В.Н. Круtko, В.И. Донцов [и др.] // Профилактика старения. – 1999. – № 2.
14. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997.

Bibliography

1. Bobkov, Yu.I. Medical consequences of low dose ionizing radiation / Yu.I. Bobkov, O.G. Polsky, V.V. Verbov, T.M. Frolova, O.Yu. Semenyak, A.E. Klimanov // Biological effects and medical consequences of low dose ionizing radiation. – M., 2001.
2. Belozеров, E.S. Harmful effects of the Semipalatinsk nuclear test site / E.S. Belozеров, A.M. Muhamedzhanov // Vestnik Rossiiskoi Voenno-meditsinskoi akademii. – 2005. – № 1.
3. Kravtsov, A.M. High-risk essential hypertension among the children of the Altai region, descendants of those who suffered from the explosion at the Semipalatinsk test site in August 1949 / A.M. Kravtsov, G.I. Vykhodtseva, S.M. Suslin // Children's abdominal pathology issues: 11th Congress of Russian Pediatric Gastroenterologists, Moscow, 17-19 Mar 2004 г. – M., 2004.
4. Svinarenko, A.V. Autonomic nervous system disorders among Chernobyl victims // Ukrainian Radiology Journal. - 1997. - № 3.
5. Ignatov, A.A. External irradiation dose and reduction in life expectancy of the Chernobyl disaster fighters, MinAtom employees / A.A. Ignatov, A.R. Tukov, E.P. Korovkina, T.M. Bulanov, O.I. Prokhorova // Medical Radiology and Radiation Safety. - 2006. - V. 51. - № 5.
6. Kolomiets, I.I. Biological age of man as the indicator of environmental radionuclide pollution. - URL: <http://www.inauka.ru/blogs/article36953/print.html>
7. Alishev, N.V. Biological age indicators and accelerated aging among nuclear disaster fighters / N.V. Alishev, A.S. Svistov, N.N. Ryzhman, B.A. Drabkin, A.A. Vashkevich, N.A. Nikolaeva // Progress In Gerontology. - 2006. - № 18.
8. Bloshchinskiy, I.A. High-risk unit veterans health examination results // Vestnik psikhoterapii. - 2007. - № 22.
9. Emergency safety. Absorbed external gamma-radiation dose measurement using building ceramic quartz thermoluminescence. Measurement procedures. - National Standard (GOST) 22.8.08-2001.
10. Mazurin, N.V. Homeostatic capacity and biological age of man / N.V. Mazurin, V.A. Ponomarenko, G.P. Stupakov. – M.: Medicine, 1991.
11. Analyzing heart rate variability with various electrocardiographic systems: Guidelines // Uralskiy kardiologicheskii jurnal. – 2002. – № 1.
12. Gordeev, K.I. Concept of population rehabilitation and normalization of sanitary and hygiene conditions, as well as ecological, medico-biological and socio-economic situation in the Altai region communities situated near the Semipalatinsk test site / K.I. Gordeev, O.T. Baluev, N.G. Darenskaya, V.A. Logachev, N.A. Meshkov [et al.] // Scientific Program Bulletin «Semipalatinsk test site – Altay». – 1995. – № 3.
13. Smirnova, T.M. Problems of biological age determination: comparing the efficiency of the linear and the nonlinear regression methods / T.M. Smirnova, V.N. Krutko, V.I. Dontsov, A.A. Podkolzin, A.G. Megreladze, S.E. Borisov, A.I. Komarnitsky // Profilaktika starenia. - 1999. - № 2.
14. Baevsky, R.M. Evaluation of adaptive capacity and disease risk / R.M. Baevsky, A.P. Berseneva. – M.: Medicine, 1997.

Статья поступила в редакцию 01.04.11