

**АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНОВ С РАЗНОЙ СКОРОСТЬЮ ОБНОВЛЕНИЯ  
ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЕДНЕННОГО УРАНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

Э.Ф. КУДАЕВА, В.В. МИНАСЯН, З.А. ВОРОНЦОВА

*ФГБОУ ПО Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,  
ул. Студенческая 10, г. Воронеж, 394036, Россия, e-mail:z.vorontsova@mail.ru*

**Аннотация.** В статье представлены результаты гистохимических, иммуногистохимических и морфометрических исследований после однократного воздействия обедненного урана спустя один, три и шесть месяцев на органы с различной скоростью обновления. Установлены достоверные изменения исследуемых критериев, характеризующих биоэффекты по степени их выраженности. Использованный *Image*-анализ при морфометрии светооптической плотности распределения ферментов, определяющих пристеночное и внутриклеточное пищеварение в эпителии тощей и толстой кишок позволил констатировать нарушения и десинхронизацию всех процессов. Варьировало число интраэпителиальных лимфоцитов и *Ki67*<sup>+</sup>-клеток эпителия крипт как маркеров митотических клеток. Между ними отмечена некоторая закономерность реагирования с обратной зависимостью, в том числе и от сроков наблюдения. В супраоптических ядрах гипоталамуса была отмечена высокая чувствительность глиального компонента и перераспределение соотношения морфофункциональных типов секреторных нейронов с констатацией барьерных нарушений по показателям перинеурального индекса. Анализ скоррелированности исследуемых критериев кишок, характеризующихся высокой скоростью обновления определил адаптивный характер по некоторым из них, что не приводило к благоприятному исходу. Характер адаптивности не проявлялся по показателям индекса корреляции секреторных нейронов супраоптических ядер гипоталамуса – стабильной популяции на фоне длительного поэтапного наблюдения после однократного воздействия обедненного урана.

**Ключевые слова:** гипоталамус, тощая кишка, толстая кишка, обедненный уран, интраэпителиальные лимфоциты, дегидрогеназы.

**ADAPTIVE OPPORTUNITIES OF ORGANS WITH DIFFERENT RATE OF UPDATES AFTER  
LOWED URANIUM IMPACT IN THE EXPERIMENT**

E.F. KUDAEVA, V.V. MINASYAN, Z.A. VORONTSOVA

*Voronezh State N.N. Burdenko Medical University, Studencheskaya str., 10, Voronezh, 394000, Russia,  
e-mail:z.vorontsova@mail.ru*

**Abstract.** The results of histochemical, immune-histochemical and morphometric studies after a single exposure of depleted uranium after one, three and six months to organs with different refresh rates are presented in the article. It was found the substantial changes in the investigated criteria characterizing the bioeffects in terms of their severity. The image-analysis used in the morphometry of the light-optical density of the enzymes distribution that determine the near-wall and intracellular digestion in the epithelium of the lean and large intestines made let to reveal the violations and desynchronization of all processes. The number of intraepithelial lymphocytes and *Ki67*<sup>+</sup> cells of the crypt epithelium varied as markers of mitotic cells. A certain pattern of reaction with an inverse relationship, including the timing of observation is marked between them. A high sensitivity of the glial component and a redistribution of the ratio of morphofunctional types of secretory neurons with a finding of barrier disorders by indices of the perineuronal index are marked In the SOC of hypothalamus. Analysis of the correlation of the intestine investigated criteria characterized by a high rate of renewal, determined the adaptive nature of some of them, which did not lead to a favorable outcome. The nature of adaptability was not manifested in the indices of the hypothalamus SON's secretory neurons correlation index - a stable population against the background of a long-term stage-by-stage observation after a single exposure to the DU.

**Key words:** hypothalamus, jejunum, large intestine, depleted uranium, intraepithelial lymphocytes, dehydrogenases

**Введение.** В настоящее время расширился круг проблем, касающихся возрастания воздействия антропогенных факторов и в том числе безопасности применения современного оружия с *обедненным ураном* (ОУ), загрязняющего территории продуктами взрывов и влияющих на здоровье военнослужащих и населения. Внимание исследователей привлекают интегративные эффекты, после воздействия на организм экстремальных факторов, характеризующие реактивность и резистентность организма. Исходя из

индивидуальных возможностей реактивности структурных образований организма, наиболее перспективным и приоритетным направлением является исследование радиорезистентности органов с разной способностью к обновлению – стабильных и обновляющихся [1]. Системный подход к решению проблемы восстановления позволит охарактеризовать возможности тканевого обновления на уровне организма. Отдаленные последствия попадания ОУ в организм остаются до конца неясными [2, 7, 10]. Нерешенность проблемы сохранила ее актуальность. В ряде последних работ был отмечен длительный характер поражения некоторых органов, что определило его опасность для жизнедеятельности [5, 8, 9, 13].

**Цель исследования** – выявить особенности биоэффектов водного раствора оксидов ОУ после однократного инкорпорирования на органы с разным диапазоном потенциалов к восстановлению в динамике отдаленных сроков.

**Материалы и методы исследования.** В экспериментальной модели на белых половозрелых лабораторных крысах-самцах были исследованы биоэффекты водного раствора оксидов ОУ после однократного его введения в пищевой рацион в дозе 0,01 мг на 100 г массы спустя один, три и шесть месяцев. Начальный возраст крыс составил четыре месяца. Исследовано 180 крыс, из них 30 – контрольные. Гипоталамус, тощую и толстую кишки фиксировали в жидкости Бейкера (раствор однопроцентного  $CaCl_2$  в десятипроцентном формалине) с последующей заливкой в парафин после стандартной процедуры обезживания. Серийные фронтальные срезы гипоталамуса толщиной 5 – 6 мкм (микротом *C. ReichertWien* № 5752, Австрия) окрашивали паральдегид-фуксином по Гомори для выявления в них нейросекрета в секреторных нейронах крупноклеточных *супраоптических ядер* (СОЯ). По содержанию нейросекрета выделяли 5 типов секреторных нейронов и определяли их процентное соотношение, используя классификацию А.Л. Поленова [11]: повышенной активности; умеренной активности; депонирования; покоя и физиологической дегенерации. Вместе с тем, была использована методика дифференцированного подсчета суммарного количества глиоцитов вокруг перикарионов для каждого морфофункционального типа секреторных нейронов за исключением дегенерирующих. Подсчитывали те глиоциты, которые были удалены не более чем на больший диаметр ядра глиальной клетки от перикарионов. Количественную оценку полученных результатов проводили путем подсчета нейроглиального отношения. Продольные срезы тощей и толстой кишок окрашивали гематоксилином-эозином для обзорных целей. Проведен ряд гистохимических реакций на выявление активности дегидрогеназ (СДГ, ЛДГ, Г6Ф) и *щелочной фосфатазы* (ЩФ), а также иммуногистохимических – *Ki67* в толстой кишке и *Vcl-2* и *Ki67* в тощей кишке. Морфометрия ферментов определена по светооптической плотности их распределения в энтероцитах и колоноцитах кишок. Количественный анализ топографии ИЛ и их соотношение проводили на 10 ворсинках и 20 криптах. Проведены морфометрические исследования с последующей статистической обработкой данных.

**Результаты и их обсуждение.** Однократное введение в пищевой рацион водного раствора оксидов ОУ вызывало значительные изменения в исследуемых органах [2, 3]. При исследовании морфофункционального состояния *секреторных нейронов* (СН) в СОЯ по содержанию в них нейросекрета определяли их процентное соотношение [11]. Во всех возрастных группах биологического контроля было установлено преобладание СН повышенной активности и депонирования ( $p < 0,05$ ). Причем, у десятимесячных крыс содержание СН в состоянии умеренной активности и покоя было приблизительно одинаковым, число дегенерирующих было неизменным во все исследуемые сроки. Распределение морфологических типов СН и сопровождающих их глиальных элементов практически не отличалось в хронодинамике наблюдаемых отдаленных сроков от контрольных крыс. При определении *перинейронального индекса* (ПНИ) – среднее число глиоцитов на одну клетку при подсчете 100 СН, было установлено снижение ПНИ у СН повышенной активности, что способствовало увеличению контактов между ними и активации СОЯ в целом. У СН в состоянии покоя ПНИ не изменялся в течение всех наблюдаемых сроков, а у СН в состоянии депонирования – снижался спустя три месяца и максимально возрастал через шесть месяцев ( $p < 0,05$ ). Динамичность ПНИ может служить критерием изменения функциональности СН для деятельности СОЯ гипоталамуса. В эксперименте сохранялось соответствующее соотношение. Однако, в хронодинамике отдаленности исследуемых сроков число СН повышенной активности снижалось в обратной зависимости, а в состоянии умеренной активности было снижено спустя месяц ( $p < 0,05$ ). В остальные сроки изменений не было. Число СН депонирующих возрастало спустя один и шесть месяцев и снижалось через три месяца ( $p < 0,05$ ), а покоящихся – увеличивалось спустя один и три месяца и было сниженным через шесть. Число дегенерирующих нейронов достоверно возрастало спустя месяц и было незначительно снижено в остальные сроки относительно контроля. Снижение численности окружающих глиоцитов, достигало минимальных значений у покоящихся СН. Динамика изменений глиального компонента свидетельствовала о его высокой чувствительности как об одном из критериев развивавшихся нарушенных барьерных функций. Таким образом, изменение перинейронального отношения является проявлением признаков повышенной чувствительности и неспецифической приспособительной реакции на воздействие экспериментального фактора в том числе с учетом возрастных изменений. Результаты по скоррелированности показателей не выявили адаптивных состояний ни в одном из наблюдаемых сроков.

Морфометрический *Image*-анализ, проведенный по результатам гистохимических реакций в эпителии слизистой оболочки тощей кишки показал, что светооптическая плотность фермента ЩФ испытывала достоверные изменения незначительным снижением показателей спустя один месяц и их повышением через три, а к последнему сроку наблюдения достоверных изменений относительно контроля не обнаружено. Светооптическая плотность СДГ и Г6Ф показала их достоверное возрастание во все экспериментальные сроки, а ЛДГ испытывала снижение спустя один и три месяца и повышение к последнему сроку ( $p < 0,05$ ). Можно констатировать дисгармонию в нарушении ферментативных процессов пристеночного и внутриклеточного пищеварения с разной выраженностью в зависимости от хронодинамики отдаленных сроков после воздействия ОУ. На фоне нарушения метаболических процессов [5] в энтероцитах изменялись количественные показатели  $Ki67^+$ -клеток крипт, ядра которых экспрессировали данный белок, определяющий пролиферативные возможности, которые были выявлены, с использованием соответствующих моноклональных антител в ИГХ реакциях. Учитывая ключевую роль лимфоцитов в реализации иммунной регуляции процессов восстановления [4] была определена сравнительная динамика показателей общего числа интраэпителиальных лимфоцитов (ИЛ) и  $Ki67^+$ -клеток. При подсчете малых ИЛ отмечено их динамичное изменение. На всем рельефном протяжении эпителиального пласта тощей и толстой кишок отмечалась миграционная активность лимфоцитов. Возрастная динамика изменений в контроле показала незначительное их возрастание в прямой зависимости, как в верхней половине ворсинок, так и в нижней их части. Спустя месяц после воздействия ОУ их общее число достоверно превышало показатели контрольной группы на 20%, спустя три и шесть месяцев оно достоверно снижалось на 52% и 18% соответственно. Анализ топографического соотношения малых ИЛ в пласте на уровне ядра, а также выше и ниже его апикальной и базальной части показал, что спустя месяц оно оставалось неизменным, лишь возросло по сравнению с контролем. Спустя три месяца соотношение в ИЛ в апикальных и базальных частях энтероцитов оставалось неизменным, лишь уменьшилось относительно контрольных показателей, а спустя шесть месяцев все малые лимфоциты независимо от топографии в пласте были ниже показателей контрольных значений, однако на уровне ядер энтероцитов их число не изменялось в нижней половине ворсинок. В криптах было отмечено достоверное возрастание общего числа ИЛ в обратной зависимости от отдаленности сроков. Лимфоциты способны усиливать цитокинез и воспроизводить все особенности морфогенеза, если для органа характерен высокий уровень пролиферации. Выявлена некоторая закономерность, констатирующая, что при достоверном повышении общего числа ИЛ спустя один месяц число  $Ki67^+$ -клеток снижалось и оно повышалось при снижении числа ИЛ через три и шесть месяцев ( $p < 0,05$ ) (рис 1).

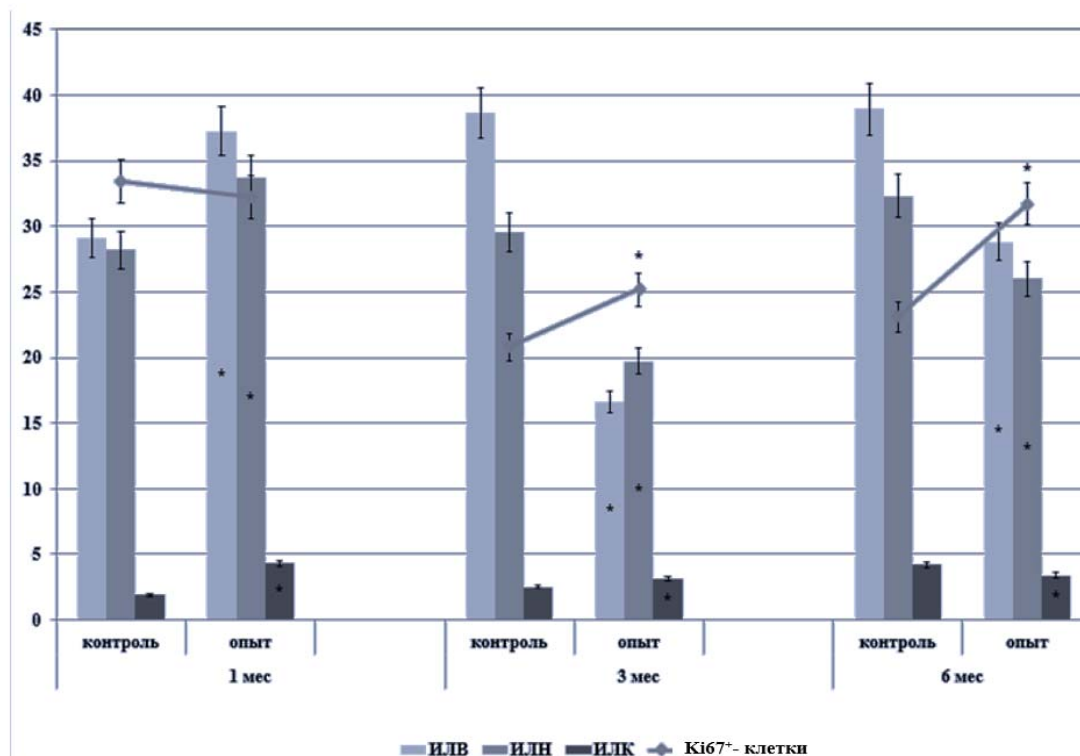


Рис.1. Хронодинамика  $Ki67^+$ -клеток и интраэпителиальных лимфоцитов после однократного инкорпорирования обедненного урана

Результаты гистохимических и иммуногистохимических реакций эпителия крипттошей кишки

| Сроки (мес) / группы | ЩФ       | Г6-ФДГ     | СДГ        | ЛДГ         | Ki67 <sup>+</sup> | Bcl-2 <sup>+</sup> |            |
|----------------------|----------|------------|------------|-------------|-------------------|--------------------|------------|
| 1                    | контроль | 446,1±8,5  | 276,5±6,3  | 348,2±3,5   | 278,1±10,9        | 33,4±3,07          | 8,55±1,44  |
|                      | ОУ       | 436,0±4,2  | 328,0±3,7* | 362,7±8,4*  | 272,1±5,2         | 32,2±4,7           | 11,8±1,6   |
| 3                    | контроль | 334,0±4,7  | 255,3±3,9  | 266,8±3,5   | 331,6±3,6         | 20,8±1,1           | 8,55±1,44  |
|                      | ОУ       | 493,3±8,6* | 242,3±4,7* | 298,5±5,8*  | 303,0±5,9*        | 25,2±2,8*          | 3,1±0,68*  |
| 6                    | контроль | 327,3±6,4  | 214,8±6,3  | 354,4±5,1   | 272,7±5,3         | 23,1±2,2           | 8,55±1,44  |
|                      | ОУ       | 324,4±2,8  | 261,0±4,5* | 278,3±5,12* | 320,9±4,8*        | 31,7±3,8*          | 5,85±0,38* |

Учитывая данные коэффициента корреляции был проведен адаптометрический корреляционный анализ по степени скоррелированности исследованных критериев. Спустя один месяц адаптивный эффект был зарегистрирован между Ki67<sup>+</sup>-клетками и всеми гистохимическими параметрами (ЩФ, Г6Ф, СДГ и ЛДГ), а также ИЛ нижней части ворсинок. Через три месяца он был зафиксирован на уровне Ki67<sup>+</sup>-клеток и ИЛ верхней и нижней части ворсинок. Спустя шесть месяцев он наблюдался лишь по отношению к ИЛ нижней части ворсинок. Таким образом, адаптивные возможности в хронодинамике наблюдаемых сроков были избирательными и нестабильными. Необходимо отметить, что эффект скоррелированности, отражающий возникшую адаптивность, был отмечен между Ki67<sup>+</sup>-клетками и ИЛ нижней части ворсинок на всем протяжении эксперимента с наиболее высокими показателями спустя один месяц и низкими через три. Как правило, состояние тканевого гомеостаза в слизистой оболочке ТК поддерживается за счет баланса между процессами пролиферации и дифференцировки, формируемого программируемой гибелью клеток с участием противоапоптотического белка *bcl-2*, который был выявлен в энтероцитах при исследовании. Это играет важную роль в процессах иммунной регуляции с участием антиапоптотных *bcl-2*<sup>+</sup>-клеток. *Bcl-2* является центральным регуляторным звеном в антиапоптотическом эффектах и клеточной пролиферации [8]. В исследовании *bcl-2*<sup>+</sup>-клеток верхней половины ворсин были получены следующие результаты: спустя один месяц после воздействия ОУ их число возрастало, а в последующие сроки достоверно снижалось. Таким образом, эффект проявлялся возрастанием их числа при снижении Ki67<sup>+</sup>-клеток спустя один месяц после воздействия ОУ относительно контроля, в последующие сроки на фоне достоверного возрастания Ki67<sup>+</sup>-клеток число *bcl-2*<sup>+</sup>-клеток было снижено, что, видимо, носило приспособительный характер с попыткой поддержания гомеостаза (табл. 1). Защитная функция слизистой оболочки ТК в эксперименте проявлялась во взаимодействии всех гистохимических критериев, определяющих транспортные, метаболические, восстановительные и адаптивные процессы в условиях отдаленных последствий однократного применения водного раствора оксидов ОУ. Корреляционный адаптометрический анализ можно считать объяснением к избирательно возникшему гомеостатическому состоянию, которое не определяло благоприятный исход на фоне отмеченных процессов десинхронизации функционирования по показателям исследуемых критериев.

Морфологостатистический анализ слизистой оболочки толстой кишки по данным, полученным после проведения гистохимических реакций показал изменение светооптической плотности в распределении ферментов по показателям *image*-анализа, констатируя достоверное снижение ЩФ и ЛДГ во все исследуемые сроки. Показатели светооптической плотности СДГ спустя один и шесть месяцев снижались и были достоверно выше показателей контроля через три месяца после воздействия ОУ. Г-6-ФДГ испытывала повышение спустя один и три месяца, а через шесть месяцев было установлено ее снижение относительно контроля. В хронодинамике эксперимента изменялось число ИЛ слизистой оболочки толстой кишки: оно возрастало спустя один и три месяца и достоверно снижалось через шесть. Во все экспериментальные сроки число Ki67<sup>+</sup>-клеток было выше контрольных показателей, однако лишь спустя три месяца после воздействия ОУ они были достоверными (табл. 2).

Результаты гистохимических и иммуногистохимических реакций эпителия крипт толстой кишки

| Сроки (мес) | группы   | ЩФ          | Г6-ФДГ     | СДГ        | ЛДГ         | Ki67 <sup>+</sup> |
|-------------|----------|-------------|------------|------------|-------------|-------------------|
|             |          | 1           | контроль   | 404,9±8,2  | 214,4±1,5   | 150,2±2,2         |
|             | ОУ       | 346,2±5,4*  | 229,4±5,3* | 147,0±1,8  | 154,8±3,1   | 53,43±6,5         |
| 3           | контроль | 380,6±6,4   | 170,4±4,3  | 144,5±5,1  | 163,2±10,7  | 41,2±1,4          |
|             | ОУ       | 359,85±8,4* | 173,6±3,9  | 210,4±5,3* | 139,8±5,4*  | 46,3±3,6*         |
| 6           | контроль | 348,99±2,5  | 155,0±3,2  | 193,5±7,6  | 164,7±1,4   | 44,6±2,7          |
|             | ОУ       | 328,4±2,9*  | 147,4±3,9* | 172,8±7,8* | 151,3±4,04* | 44,8±6,01         |

Адаптометрический анализ с учетом корреляционных показателей обнаружил совпадение по некоторым исследуемым критериям: между Ki67<sup>+</sup>-клетками на уровне ЩФ, ЛДГ и Г-6-ФДГ спустя месяц, а также между ИЛ и ЛДГ, через шесть месяцев – ЛДГ и ЩФ.

**Заключение.** Учитывая особенности реагирования органов интестинальной системы – тощей и толстой кишок, а также нейроэндокринной – супраоптические ядра гипоталамуса можно констатировать, что независимо от скорости процессов обновления эффекты обедненного урана, несмотря на однократный его прием, были пролонгированными и дестабилизирующими на фоне изменения исследуемых критериев с некоторыми признаками адаптивности, не определяющими гомеостаз по совокупности.

### Литература

1. Бабаева А.Г. Регенерация: факты и перспективы М.: Издательство РАМН, 2009.
2. Воронцова З.А., Зюзина В.В., Проскуракова Е.Е., Набродов Г.М. Сравнительная характеристика отделов пищеварительной системы при инкорпорации обедненного урана // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 2. С. 50–52.
3. Воронцова З.А., Набродов Г.М., Кособуцкая С.А., Селявин С.С. Полиорганный эффект обедненного урана в эксперименте // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 20, № 2. С. 397–398.
4. Воронцова З.А., Никитюк Д.Б., Кудаева Э.Ф. Аналитический подход морфоклинической интерпретации системы крови после инкорпорирования радионуклидов (краткий обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 191–202.
5. Воронцова З.А., Никитюк Д.Б., Селявин С.С., Минасян В.В. Обзорная характеристика биоэффектов обедненного урана в клинико-морфологических исследованиях // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 250–255.
6. Воронцова З.А., Проскуракова Е.Е. Кластерный анализ состояния слизистой оболочки тощей и толстой кишки по гистоэнзимологическим показателям в ответ на инкорпорацию обедненного урана // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, № 4. С. 152–153.
7. Воронцова З.А., Селявин С.С. Биоэффекты обедненного урана // Журнал научных статей Здоровье и образование 21 века. 2012. Т.14, №1. С. 47–48.
8. Воронцова З.А., Шестакова Е.Н., Афанасьев Р.В. Морфологические изменения в щитовидной железе крыс при однократном и фракционированном гамма-облучении // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2007. Т. 41, №1. С. 17–19.
9. Воронцова З.А., Слюсарева О.А., Зюзина В.В., Афанасьев Р.В. Эффективность малых доз облучения в морфологостатистическом алгоритме экспериментальных исследований // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, №2. С. 166–169.
10. Воронцова З.А., Селявин С.С. Экспандирующие ткани в реакциях на обедненный уран // Журнал научных статей Здоровье и образование 21 века. 2013. Т.15, №1-4. С. 247–249.
11. Поленов А.Л., Морфофункциональная организация нейросекреторных клеток гипоталамуса. Нейроэндокринология. Спб.: РАН, 1993. Ч.1. С. 31–70.
12. Соколова М.Г. Исследование активности антиапоптотического белка у детей, больных детским церебральным параличом // Медицина и фармакология: электронный научный журнал 2015. №3 (16) URL: <http://7universum.com/ru/med/archive/item/1996>.
13. Durakovic A. Medical effects of internal contamination with actinides: further controversy on depleted uranium and radioactive warfare // Environmental Health and Preventive Medicine. 2016. Volume 21, Issue 3, P. 111–117.

**References**

1. Babaeva AG. Regeneratsiya: fakty i perspektivy [Regeneration: facts and prospects] Moscow: Izdatel'stvo RAMN; 2009. Russian.
2. Vorontsova ZA, Zyuzina VV, Proskuryakova EE, Nabrodov GM. Sravnitel'naya kharakteristika otdelov pishchevaritel'noy sistemy pri inkorporatsii obednennogo urana [Comparative characteristic of digestive system with incorporation of depleted uranium]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(2):50-2. Russian.
3. Vorontsova ZA, Nabrodov GM, Kosobutskaya SA, Selyavin SS. Poliorgannyi effekt obednennogo urana v eksperimente [multi-Organ effect lunch of hardware Uranus in the experiment]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;20(2):397-8. Russian.
4. Vorontsova ZA, Nikityuk DB, Kudaeva EF. Analiticheskiy podkhod morfoklinicheskoy interpretatsii sistemy krovi posle inkorporirovaniya radionuklidov (kratkiy obzor literatury) [Analytical approach morfologicheskoi in-terpretation blood system after incorporation of radionuclides (brief literature review)]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):191-202. Russian.
5. Vorontsova ZA, Nikityuk DB, Selyavin SS, Minasyan VV. Obzornaya kharakteristika bioeffektov obednennogo urana v kliniko-morfologicheskikh issledovaniyakh [Overview of bief-effects of depleted uranium in clinical and morphological studies]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):250-5. Russian.
6. Vorontsova ZA, Proskuryakova EE. Klasternyy analiz sostoyaniya slizistoy obolochki toshchey i tolstoy kishki po gistoenzimologicheskim pokazatelyam v otvet na inkorporatsiyu obednennogo urana [Cluster analysis of the condition of the mucous membrane of the jejunum and colon gastroenterology indicators in response to the incorporation of depleted uranium]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(4):152-3. Russian.
7. Vorontsova ZA, Selyavin SS. Bioeffekty obednennogo urana [Bioeffect depleted uranium]. Zhurnal nauchnykh statey Zdorov'e i obrazovanie 21 veke. 2012;14(1):47-8. Russian.
8. Vorontsova ZA, Shestakova EN, Afanas'ev RV. Morfologicheskie izmeneniya v shchitovidnoy zheleze krysa pri odnokratnom i frantsionirovannom gamma-obluchenii [Morphological changes in the thyroid gland of rats at single and funzionavano gamma-irradiation]. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2007;41(1):17-9. Russian.
9. Vorontsova ZA, Slyusareva OA, Zyuzina VV, Afanas'ev RV. Effektivnost' malykh doz u-oblucheniya v morfologostatisticheskom algoritme eksperimental'nykh issledovaniy [Efficacy of low doses of y-irradiation in morfologicheskim algorithm of experimental studies]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(2):166-9. Russian.
10. Vorontsova ZA, Selyavin SS. Ekspansiruyushchie tkani v reaktsiyakh na obednennyi uran [Expansy-susa tissue reactions to depleted uranium]. Zhurnal nauchnykh statey Zdorov'e i obrazovanie 21 veke. 2013;15(1-4):247-9. Russian.
11. Polenov AL. Morfofunktsional'naya organizatsiya neyrosekretornykh kletok gipotalamusa [Morphological and functional organization of neurosecretory cells of the hypothalamus]. Neyroendokrinologiya. Sankt-Peterburg: RAN; 1993. Ch.1. Russian.
12. Cokolova MG. Issledovanie aktivnosti antiapoptoticheskogo belka u detey, bol'nykh det-skim tserebral'nym paralichom [investigation of the activity of antiapoptotic protein in children suffering from det-skim cerebral palsy]. Meditsina i farmakologiya: elektronnyy nauchnyy zhurnal 2015;3 (16) Russian. Available from: <http://7universum.com/ru/med/archive/item/1996>.
13. Durakovic A. Medical effects of internal contamination with actinides: further controversy on depleted uranium and radioactive warfare. Environmental Health and Preventive Medicine. 2016;21(3):111-7.

**Библиографическая ссылка:**

Кудаева Э.Ф., Минасян В.В., Воронцова З.А. Адаптивные возможности органов с разной скоростью обновления после воздействия обедненного урана в эксперименте // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №4. Публикация 2-17. URL: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-4/2-17.pdf> (дата обращения: 01.12.2017). DOI: 10.12737/article\_5a3212af059c07.21492129.