

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ В САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СИСТЕМАХ  
(краткий обзор литературы)

В.А. ХРОМУШИН, Д.В. ИВАНОВ, С.В. ТОКАРЕВА

*Тульский государственный университет, медицинский институт,  
ул. Болдина, д. 128, Тула, 300028, Россия*

**Аннотация.** Обращено внимание на нелинейность, как особенность неравновесных систем, систем третьего типа, *complexity*. Обоснована актуальность изучения малых доз ионизирующей радиации на живые объекты. Приведены результаты экспериментальных исследований после  $\gamma$ -облучения слизистой оболочки тощей кишки крыс. Показано снижение функциональной активности слизистой оболочки при морфологическом исследовании и изучении содержания важных энзимов в отдаленные сроки от начала воздействия в эксперименте на весь жизненный цикл животных, приводившие к преждевременному старению на организменном уровне. Дана характеристика альтернативных эффектов гормезиса, байстендерного и эпигеномных эффектов. Охарактеризованы их сходство и разнонаправленность в одно и то же время. Показана целесообразность детального изучения электромагнитного и радиационного излучений.

**Ключевые слова:** байстендерный эффект, гормезис, самоорганизующиеся системы, последствия радиационного воздействия, эпигеномные эффекты

ALTERNATIVE EFFECTS IN SELF-ORGANIZING SYSTEMS  
(short literature review)

V.A. KHROMUSHIN, D.V. IVANOV, S.V. TOKAREVA

*Tula State University, Medical Institute, Boldin Str., 128, Tula, 300028, Russia*

**Abstract.** The review draws attention to nonlinearity, as a feature of non-equilibrium systems, systems of the third type, complexity. The relevance of studying low doses of ionizing radiation on living objects is substantiated. The authors present the results of experimental studies after  $\gamma$ -irradiation of the mucous membrane of the jejunum of rats. A decrease in the functional activity of the mucous membrane during morphological research and the study of the content of important enzymes in the long-term period from the onset of exposure in the experiment on the entire life cycle of animals, leading to premature aging at the organism level, is shown. The review describes the characteristics of the alternative effects of hormesis, bystander and epigenome effects, characterizes their similarities and different directions at the same time. The authors demonstrate the feasibility of a detailed study of electromagnetic and radiation radiation.

**Keywords:** bystander effect, hormesis, self-organizing systems, effects of radiation exposure, epigenomic effects.

Характерной особенностью *неравновесных систем* является их *нелинейность*. В этих системах нарушается действие принципа суперпозиции – «небольшие изменения воздействий, оказываемых на объект, вызывают столь же небольшие изменения в его поведении». В природе *самоорганизующихся систем*, систем третьего типа, *complexity* [9, 15, 26] это правило не реализуется. В сложных живых системах (например, в системе крови) малые интенсивности воздействия могут вызывать резкие, даже катастрофические изменения, что можно легко подтвердить клиническими примерами из гемостазиологии (развитие ДВС-синдрома) и из наблюдений по поддержанию оптимальной формы циркулирующих по сосудистой системе клеток крови, особенно эритроцитов [10, 14, 16, 17]. При этом под *самоорганизацией* понимается процесс рождения специфического следствия от неспецифического воздействия, в результате которого *неспецифическое* воздействие (неоднородность, упорядоченность) порождает *специфическое* следствие. На этом основана *эмерджентность* живых систем, как одного из определяющих признаков функционирования сложных систем, *complexity* [27].

Оценка влияния малых доз ионизирующей радиации на живые объекты является актуальной как в теоретическом, так и в практическом аспекте [1, 2, 6]. Экспериментальные, клинические и эпидемиологические данные свидетельствуют о высокой онкогенной опасности ионизирующих излучений [7, 11]. Отдаленная радиационная патология пищеварительного тракта может развиваться в результате воздействия внешних источников радиации и инкорпорации радионуклидов [19]. В отдаленные периоды у лиц, пострадавших после аварии на ЧАЭС, отмечалось значительное и частое поражение желудочно-кишечного тракта с преобладанием эрозивного и атрофического хронического гастродуоденита, астени-

ческого синдрома, иммунозависимая патология [20, 21]. Поэтому влияние облучения на пищеварительную систему – одна из актуальных проблем медицинской науки [8, 12]. Тяжесть лучевых поражений определяется скоростью обновления и радиочувствительностью клеток [13, 18]. Особую важность представляют результаты исследований отдаленных последствий малых доз облучения, что привлекает наибольшее внимание ученых [22, 23]. Клинические проявления радиационных поражений проявляются структурными изменениями органных образований на клеточном и субклеточном уровне, индивидуальные особенности реагирования которых, позволят выявить наиболее чувствительные из них, для разработки и совершенствования, защитных мер.

Так, в исследовании [25] при эксперименте на 225 крысах-самцах после  $\gamma$ -облучения в дозах 10, 20, 50 и 100 сГр спустя 1, 180, 365, 545 и 730 суток – изучено морфофункциональное состояние слизистой оболочки тощей кишки. В результате исследования установлено, что снижение всех морфологических и энзимологических показателей с увеличением дозы  $\gamma$ -облучения и сроков наблюдения, можно косвенно оценить и адекватно охарактеризовать конечный альтернативный эффект и, соответственно, весь комплекс исследования зависимости «доза-эффект». Снижение функциональной активности слизистой оболочки тощей кишки при морфологическом исследовании и изучении содержания важных энзимов в отдаленные сроки от начала воздействия в эксперименте на весь жизненный цикл животных – ведет к преждевременному старению на организменном уровне.

Известны также радиопротекторные эффекты электромагнитных излучений. При взаимодействии организма с электромагнитными излучениями используют термин «альтернативные эффекты», к которым относят *гормезис* и *эпигеномные эффекты*. Известно основное положение гормезиса, сформулированное *Luskey*: «Любой фактор физической, химической или биологической природы может выступить в роли стимулятора в том случае, если он будет использован в дозе, значительно меньшей, чем токсичная. Акцепторный организм ответит с тем большей легкостью, если он находится в субоптимальном (т.е. в неоптимальных пищевых условиях или условиях жизни) условий питания или природных условий» (цит. по Э. Рейнхарт, 1998).

*Гормезис* стимулирует рост, увеличивает выживаемость после воздействия токсикантов и ионизирующих излучений, уменьшает число случаев образования опухолей и снижает процент поражения инфекциями. Несмотря на отсутствие общепринятого объяснения механизма этого явления, имеются сведения о том, что *гормезис* может выражаться в снижении генотоксических эффектов облучения при малых дозах радиации, снижении чувствительности к последующим мутагенным воздействиям и в ускорении клеточной пролиферации [24].

Альтернативный *байстендерный эффект*, называемый иначе «эффектом свидетеля» является проявлением резонансной передачи информации, который был выявлен специалистами, работавшими в области нестабильности генома, и отнесен ими, по ряду особых признаков, в самостоятельную группу. При этом отмечается практически необратимое наследуемое изменение клеток, возникающее по принципу «все или ничего». Такой дозозависимый альтернативный эффект характерен при воздействии низких пороговых доз радиации [4]. Он может инициироваться и нерадиационными факторами, но радиация, при этом является их индуктором этих факторов. Такие видонеспецифичные эффекты обнаруживаются в клетках человека, в тканях млекопитающих и у одноклеточных организмов, которые имеют разную организацию генома, далеко отстоящих друг от друга в филогенетическом отношении. *Байстендерный эффект* характеризуется появлением стабильного, практически необратимого, независимого от дозы – повышения вероятности повреждения и гибели клеток, возникающего в ранние сроки после воздействия. Эти изменения не связаны с клеточным делением, поэтому считаются циклонезависимыми. Установлено, что *байстендерный эффект* не связан с фактором повреждений генома квантами ионизирующей радиации. Изначально важную роль играет нарушение барьерных функций клеточных мембран, опосредованное повреждение генетических структур и комплекс эпигенетических изменений [3]. Существует предположение о том, что при малых интенсивностях радиации биофизической основой этих эффектов является *фликер-шум*.

Выявление *альтернативных эффектов* у объектов разной иерархической организации, особенно у тканевых клеток, свидетельствует о фундаментальном, эволюционно закреплённом значении таких изменений в их реакции на внешние воздействия. *Байстендерный эффект* обуславливает отстроченную репродуктивную гибель клеток, увеличение числа вероятности генных, хромосомных и геномных мутаций, а также опухолевую трансформацию, имеет иную направленность, чем *гормезис*. Однако у обоих эффектов есть много общих черт, что свидетельствует о значительном сходстве в их механизме – характеризующимся вовлечением в реакцию не всех клеток популяции [5]. При *байстендерном эффекте* действуют особые молекулярно-генетические механизмы (альтернативные эффекты), которые проявляются в отсроченной гибели части клеток популяции. Клетка считается выжившей, пока она не теряет способности к размножению. *Летальное секторирование* осуществляется при облучения в дозах меньших, чем летальные. При этом происходит гибель совокупности клеток (в ранних пострadiационных генерациях), либо отдельных клеток (в более поздних генерациях). *Байстендерный эффект*, установленный в

[28, 29], проявляется в объеме 23% клеток – от популяции во втором поколении, 11% – в третьем и 8–5% – в четвертом. Интенсивность гибели клеток падает по мере их размножения в алгоритме близком к обратному порядку фибоначчиева ряда чисел [14]. В начальных пострадиационных генерациях гибели клеток предшествует резко выраженное замедление делений. Родословные наблюдаемых культур клеток из-за большой трудоемкости наблюдений составляют лишь до 8–16, реже – до 32 клеточных стадий. Интенсивное *летальное секторирование* наблюдается лишь в потомстве единичных внучатых клеток, в остальных оно либо отсутствует, либо выражено незначительно, что может свидетельствовать о внутрисемейных (внутриклональных) различиях и гетерогенном характере поражения клеток. О видонеспецифичности *байстендерного эффекта* свидетельствует выявление *альтернативных эффектов* у объектов, имеющих разную организацию генома, далеко отстоящих друг от друга в филогенетическом отношении. Считается, что соответствующие сигналы могут быть получены как близко лежащими, так и удаленными от клеток-мишеней клетками. При этом источниками таких сигналов (факторов) могут быть потомки облученных клеток. Имеются данные Пушинской биофизической школы об электромагнитной сигнализации клеток, что не исключает резонансный механизм передачи сигнальной информации от поврежденной клетки потомству. Наряду с действием ионизирующей радиации в малых дозах, регистрируются *альтернативные эффекты* при действии некоторых немутагенных факторов, «псевдомутагенов», наблюдаемые даже если клетки, подвергшиеся воздействию, не соседствуют с необлученными. Кроме того, дозные плато имеют большую протяженность, что не свойственно действию агентов, вызывающих локальное повреждение ДНК [4, 29].

Апоптозы, репродуктивная гибель, цитогенетическое повреждение – это конечные выходы *байстендерных эффектов*, которые выявляются при очень низких дозах радиации, что противоречит каноническим представлениям о дозозависимых отношениях. Так, в экспериментах с культурами фибробластов показано, что при клонировании этих клеток *in vitro* в них сохраняются массовые долгоживущие субэффекты байстендерного типа, что свидетельствует об основной роли не организменных, а клеточных событий. А роль организма, заключается при этом в количественной модификации эффекта – в его ослаблении или усилении, в генетическом контроле того или иного признака. Не исключается вероятность индукции изучаемых изменений при воздействии на безъядерную цитоплазму, а через нее – на «мишень», находящуюся в ядре, что проявляется возникновением дозозависимого повреждения эндотелия капилляров миокарда крыс при облучении области кишечника ионизирующей радиацией. Хотя в этом *байстендерный эффект* мог возникнуть из-за выброса в кровь токсических продуктов, образовавшихся в кишечнике после облучения.

*Байстендерный эффект* не обусловлен мутациями ядерных генов, хромосомными абберациями или цитоплазматическими мутациями. Здесь превалирует цепь ядерно-цитоплазматических взаимоотношений [3, 5].

Этот эффект легче объяснить, предположив, его связь с наследуемым изменением активности какого-то ядерного гена (генов). Такую наследуемую изменчивость, которая может осуществляться с высокой частотой после немутагенных воздействий, предложено называть *эпигенетической*. *Эпигенетические эффекты* также обусловлены, вероятно, участием электромагнитных излучений клеток, а также резонанса, что хорошо изучено на ядродержащих клеточных популяциях. Их проявление на уровне эритрона пока ждет новых исследователей.

**Заключение.** Обращено внимание на нелинейность, неравновесных систем, систем третьего типа, *complexity*, в которых нарушается принцип суперпозиции, когда малые дозы вызывают незначительные изменения. Обоснована актуальность изучения малых доз ионизирующей радиации на живые объекты по результатам экспериментальных исследований после  $\gamma$ -облучения слизистой оболочки тощей кишки крыс. В них установлено снижение функциональной активности слизистой оболочки при морфологическом исследовании и изучении содержания важных ферментов в отдаленные сроки от начала воздействия в эксперименте на весь жизненный цикл животных, приводившие к преждевременному старению на организменном уровне. Дана характеристика альтернативных эффектов гормезиса, байстендерного и эпигенетических эффектов. Охарактеризованы их сходство и разнонаправленность в одно и то же время. Показана целесообразность детального изучения электромагнитного и радиационного излучений.

### Литература

1. Белоус Д.А. Радиация, биосфера, технология. СПб. : ДЕАН, 2004. 448 с.
2. Бурлакова Е.Б. Эффект малых доз // Гражданская защита. 2001. № 4. С. 38.
3. Бычковская И.Б., Степанов Р.П., Антонов П.В., Чернякова Д.Н. К проблеме псевдомутагенеза. Персистирующее повышение уровня изменчивости клеток, индуцируемое радиацией и некоторыми другими агентами // Радиационная биология. Радиоэкология. 1996. Т. 36, № 6. С. 926–931.
4. Бычковская И.Б., Степанов Р.П., Федорцева Р.Ф. Внешние сигналы могут индуцировать устойчивое повышение частоты гибели клеток в популяции // Цитология. 2000. Т. 42. С. 1082–1093.

5. Гераськин С.А., Севанькаев А.В. Универсальный характер закономерностей индукции цитогенетических повреждений низкодозовым облучением и проблема оценки генетического риска // Радиационная биология. Радиоэкология. 1999. Т. 39, № 1. С. 34–35.
6. Грачев Н.Н., Мырова Л.О. Защита человека от опасных излучений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 317 с.
7. Давыдов Б.И. Авиакосмическая радиобиология : основные итоги, люди, события / Под ред. И.Б. Ушакова. М.; Воронеж : Истоки, 2007. 164 с.
8. Деев Р.В., Ахмедов Т.А., Комяков Б.К. Клеточное обновление в кишечном эпителии в условиях реактивных изменений слизистой оболочки // Клеточная трансплантология и тканевая инженерия. 2009. Т.4, № 1. С. 69–73.
9. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Филатов М.А. Живые системы (complexity) с позиций теории хаоса и самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2015. № 3. С. 25–32.
10. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Околосуточные ритмы показателей кардио-респираторной системы и биологического возраста человека // Терапевт. 2012. № 8. С. 36–44.
11. Зубовский Г.А., Харченко В.П., Тарарухина О.Б. Прогноз онкологической заболеваемости для участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Вопросы онкологии. 2000. Т.46, № 6. С. 650–653
12. Иванова О.В. Эндоскопическая диагностика заболеваний желудочно-кишечного тракта у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдалённом периоде: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2005. 23 с.
13. Ильин Л.А. Радиационная медицина. М.: ИздАТ, 2001. 432 с.
14. Исаева Н.М., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Код Фибоначчи и «золотое сечение» в экспериментальной патофизиологии и электромагнитобиологии: Монография / Под ред. Т.И. Субботиной и А.А. Яшина.– Москва – Тверь – Тула: ООО «Издательство «Триада», 2007. 136 с. (Серия «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 4)
15. Карпин В.А., Хадарцев А.А., Еськов В.М., Еськов В.В., Шувалова О.И. Теория хаоса в оценке эффективности немедикаментозного и физиотерапевтического лечения артериальной гипертензии // Физиотерапевт. 2014. №1. С. 48–54.
16. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А. Саногенез и саногенные реакции эритрона. Проблемы медицины и общее представление о саногенезе // Вестник новых медицинских технологий. 2005. № 3–4. С. 5–9.
17. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Багаутдинов Ш.М., Четкин А.В. Постоянство непостоянного в тизограммах препаратов крови (к стандартизации исследований кристаллизации биологических жидкостей) // Вестник новых медицинских технологий. 2008. № 4. С. 7–13.
18. Кудряшов Ю.Б. Основные принципы в радиобиологии // Радиационная биология. Радиоэкол. 2001. Т. 41, № 5. С. 531–547.
19. Лютых В.П., Долгих А.П. Клинические аспекты действия малых доз ионизирующего излучения на человека (общесоматические заболевания) // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 1998. Т. 42, № 2. С. 28–34.
20. Нейфах Е.А. Большие радиопатогенные нагрузки детей от «малых доз» техногенной хронической радиации // Радиационная биология. Радиоэкология. 2003. Т. 43, № 2. С. 193–196.
21. Основные подходы к оценке влияния радиационного фактора на организм человека / Тахауов Р.М. и [др.] // Бюллетень сибирской медицины. 2005. № 2. С. 88–99.
22. Основы медицинской радиобиологии / Бутомо Н.В. [и др.]; под ред. И.Б. Ушакова. СПб. : Фолиант, 2004. 384 с.
23. Особенности действия радиации в малых дозах / Пелевина И.И. [и др.] // V съезд по радиационным исследованиям: тез. докл. (Москва 10-14 апр. 2001 г.). М., 2001. Т. 1. С. 13.
24. Рейнхарт Эрих. Гормезис и оценка сверхмалых доз биологически активных веществ // Биологическая медицина. 1998. № 2. С. 4–8.
25. Слюсарева О.А., Воронцова З.А. Доза-эффекты однократного  $\gamma$ -облучения и состояние гомеостаза слизистой оболочки тощей кишки в динамике пролонгированности сроков наблюдения // Вестник новых медицинских технологий. 2010. №2. С. 39–41.
26. Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Гавриленко Т.В., Пашнин А.С. Конец определённости: рекви-ем по Warren Weaver («Science and Complexity») и И.Р. Пригожину («The die is not Cast») // Complexity. Mind. Postnonclassic. 2012. № 1. С. 6–18.
27. Хадарцев А.А. Об эмерджентности в живых системах и идеях Уилера (обзор научной литературы) // Вестник новых медицинских технологий. 2019. №1. С. 129-132. DOI: 10.24411/1609-2163-2019-16374
28. Bychkovskaya I.B., Komarov E.I. A peculiar radiational, inherited, non-stochastic damage at the cellular level of organization // Radiobiologia. 1990. Vol. 30, №4. P. 407–476

29. Fedortseva R.F., Stepanov R.P., Antonov P.V., Nikiforov A.M., Bychkovskaya I.B. Peculiar cellular mechanisms of effects of the low-dose ionizing radiation // Abstr. Intern. Confer. «Low doses of ionizing radiation: biological effects and regulatory control». Sevilla, 1997. P. 380–382

### References

1. Belous DA. Radiacija, biosfera, tehnologija [Radiation, biosphere, technology]. Sankt-Peterburg: DEAN; 2004. Russian.
2. Burlakova EB. Jeftekt malyh doz. Grazhdanskaja zashhita [The effect of low doses]. 2001;4:38. Russian.
3. Bychkovskaja IB, Stepanov RP, Antonov PV, Chernjakova DN. K probleme psevdmutagenеза. Persistirujushhee povyshenie urovnja izmenchivosti kletok, induciруемое radiaciej i nekotorymi drugimi agentami [To the problem of pseudo-mutagenesis. Persistent increase in the level of cell variability induced by radiation and some other agents]. Radiacionnaja biologija. Radiojekologija. 1996;36(6):92631. Russian.
4. Bychkovskaja IB, Stepanov RP, Fedorceva RF. Vneshnie signaly mogut inducirovat' ustojchivoe povyshenie chastoty gibeli kletok v populjacii [External signals can induce a steady increase in the frequency of cell death in a population]. Citologija. 2000;42:1082-93. Russian.
5. Geras'kin SA, Sevan'kaev AV. Universal'nyj karakter zakonomernostej indukcii citogeneticheskikh povrezhdenij nizkodozovym oblucheniem i problema ocenki geneticheskogo riska [The universal nature of the patterns of induction of cytogenetic damage by low-dose radiation and the problem of assessing genetic risk. Radiation Biology]. Radiacionnaja biologija. Radiojekologija. 1999;39(1):34-5. Russian.
6. Grachev NN, Myrova LO. Zashhita cheloveka ot opasnyh izluchenij [protection of the person from dangerous radiations]. Moscow: BINOM. Laboratorija znaniy; 2005. Russian.
7. Davydov BI. Aviakosmicheskaja radiobiologija: osnovnye itogi, ljudi, sobytij [Aerospace Radiobiology: main results, people, events]. Pod red. IB. Ushakova. Moscow; Voronezh : Istoki; 2007. Russian.
8. Deev RV, Ahmedov TA, Komjakov BK. Kletochnoe obnovlenie v kishechnom jepitelii v uslovijah reaktivnyh izmenenij slizistoj obolochki [Cellular renewal in the intestinal epithelium under conditions of reactive changes of the mucous membrane]. Kletochnaja transplantologija i tkanevaja inzhenerija. 2009;4(1):69-73. Russian.
9. Es'kov VM, Hadarcev AA, Filatova OE., Filatov MA. Zhivye sistemy (complexity) s po-zicijj teorii haosa i samoorganizacii [Living systems (complexity) from the concepts of chaos theory and self-organization]. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2015;3:25-32. Russian.
10. Es'kov VM, Hadarcev AA, Filatova OE, Hadarceva KA. Okolosutochnye ritmy pokazatelej kardiorespiratornoj sistemy i biologicheskogo vozrasta cheloveka [Around the clock rhythms of indicators of the cardio-respiratory system and the biological age of man]. Terapevt. 2012;8:36-44. Russian.
11. Zubovskij GA, Harchenko VP, Tararuhina OB. Prognoz onkologicheskoi zaboлеваemosti dlja uchastnikov likvidacii posledstvij avarii na Chernobyl'skoj AJeS [Cancer incidence prognosis for participants in the liquidation of the consequences of the accident at the Chernobyl NPP]. Voprosy onkologii. 2000;46(6):650-3. Russian.
12. Ivanova OV. Jendoskopicheskaja diagnostika zabolevanij zheludochno-kishechnogo trakta u likvidatorov posledstvij avarii na Chernobyl'skoj AJeS v otdaljonnom periode [Endoscopic diagnosis of diseases of the gastrointestinal tract in liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the distant period][dissertation]. Moscow; 2005. Russian.
13. Il'in LA. Radiacionnaja medicina [Radiation medicine]. Moscow: IzdAT; 2001. Russian.
14. Isaeva NM, Subbotina TI, Hadarcev AA, Jashin AA. Kod Fibonachchi i «zolotoe sechenie» v jeksperimental'noj patofiziologii i jelektromagnitobiologii: Monografija [The Fibonacci code and the "golden section" in experimental pathophysiology and electromagnetics: Monograph]. Pod red. TI. Subbotinoj i AA. Jashina. Moscow – Tver' – Tula: OOO «Izdatel'stvo «Triada»; 2007. (Serija «Jeksperimental'naja jelektromagnitobiologija», vyp. 4) Russian.
15. Karpin VA, Hadarcev AA, Es'kov VM, Es'kov VV, Shuvalova OI. Teorija haosa v ocenke jeftektivnosti nemedikamentoznogo i fizioterapevticheskogo lechenija arterial'noj gipertenzii [Chaos theory in evaluating the effectiveness of non-pharmacological and physiotherapeutic treatment of arterial hypertension]. Fizioterapevt. 2014;1:48-54. Russian.
16. Kidalov VN, Hadarcev AA. Sanogenez i sanogennye reakcii jeritrona. Problemy mediciny i obshhee predstavlenie o sanogeneze [Sanogenesis and erythron sanogenic reactions. Problems of medicine and a general idea of sanogenesis]. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2005;3-4:5-9. Russian.
17. Kidalov VN, Hadarcev AA, Bagautdinov ShM, Chechetkin AV. Postojanstvo nepo-stojannogo v teziogrammah preparatov krovi (k standartizacii issledovanij kristallizacii biologicheskikh zhidkostej) [The constancy of blood products not standing in tesiograms (to standardization of studies on the crystallization of biological fluids)]. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2008;4:7-13. Russian.

18. Kudrjashov JuB. Osnovnye principy v radiobiologii [Basic principles in radiobiology]. Radiacionnaja biologija. Radiojekol. 2001;41(5):531-47. Russian.
19. Ljutyh VP, Dolgih AP. Klinicheskie aspekty dejstvija malyh doz ionizirujushhego izluchenija na cheloveka (obshhesomatische zabolevanija) [Clinical aspects of the action of low doses of ionizing radiation on humans (somatic diseases)]. Medicinskaja radiologija i radiacionnaja bezopasnost'. 1998;42(2):28-34. Russian.
20. Nejfh EA. Bol'shie radiopatogennye nagruzki detej ot «malyh doz» tehnoгенной hronicheskoj radiacii [Large radiopathogenic loads of children from "low doses" of man-made chronic radiation]. Radiacionnaja biologija. Radiojekologija. 2003;43(2):193-6. Russian.
21. Osnovnye podhody k ocenke vlijanija radiacionnogo faktora na organizm cheloveka [The main approaches to assessing the influence of the radiation factor on the human body]. Tahauov RM. Et al. B'ulleten' sibirskoj mediciny. 2005;2:88-99. Russian.
22. Osnovy medicinskoj radiobiologii [Fundamentals of medical radiobiology]. Butomo NV, et al.; pod red. IB. Ushakova. Sankt-Peterburg: Foliant; 2004. Russian.
23. Osobennosti dejstvija radiacii v malyh dozah [Features of the action of radiation in small doses]. Pelevina II, et al. V sezd po radiacionnym issledovanijam: tez. dokl. (Moscow 10-14 apr. 2001 g.). Moscow; 2001. Russian.
24. Rejnhart Jerih. Gormezis i ocenka sverhmalyh doz biologicheski aktivnyh veshhestv [Hormesis and evaluation of ultra-low doses of biologically active substances]. Biologicheskaja medicina. 1998;2:4-8. Russian.
25. Sljusareva OA, Voroncova ZA. Doza-jeffekty odnokratnogo  $\gamma$ -obluchenija i sostojanie gomeostaza slizistoj obolochki toshhej kishki v dinamike prolongirovannosti srokov nabljudenija [Dose effects of single  $\gamma$ -irradiation and the state of homeostasis of the jejunum mucous membrane in the dynamics of the prolongation of the observation period]. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2010;2:39-41. Russian.
26. Filatova OE, Hadarcev AA, Gavrilenko TV, Pashnin AS. Konec opredeljonosti: rekvjem po Warren Weaver («Science and Complexity») i I.R. Prigozhinu («The die is not Cast») [The end of certainty: a requiem for Warren Weaver ("Science and Complexity") and I.R. Prigogine ("The die is not Cast")]. Complexity. Mind. Postnonclassic. 2012;1:6-18. Russian.
27. Hadarcev AA. Ob jemerdzhentnosti v zhivyh sistemah i idejah Uilera (obzor nauchnoj literatury) [On emergence in living systems and Wheeler's ideas (review of scientific literature)]. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2019;1:129-32. DOI: 10.24411/1609-2163-2019-16374 Russian.
28. Bychkovskaya IB, Komarov EI. A peculiar radiational, inherited, non-stochastic damage at the cellular level of organization. Radiobiologiya. 1990;30(4):407-76
29. Fedortseva RF, Stepanov RP, Antonov PV, Nikiforov AM, Bychkovskaya IB. Peculiar cellular mechanisms of effects of the low-dose ionizing radiation. Abstr. Intern. Confer. «Low doses of ionizing radiation: biological effects and regulatory control». Sevilla; 1997.

---

**Библиографическая ссылка:**

Хромушин В.А., Иванов Д.В., Токарева С.В. Альтернативные эффекты в самоорганизующихся системах (краткий обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2019. №4. Публикация 3-7. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-4/3-7.pdf> (дата обращения: 25.07.2019). DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16503. \*

**Bibliographic reference:**

Khromushin VA, Ivanov DV, Tokareva SV. Al'ternativnye jeffekty v samoorganizujushhihsja sistemah (kratkiy obzor literatury) [Alternative effects in self-organizing systems (short literature review)]. Journal of New Medical Technologies, e-edition. 2019 [cited 2019 July 25];1 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-4/3-7.pdf>. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16503.

\* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-4/e2019-4.pdf>