УДК 620.92

СИСТЕМНЫЙ МОНИТОРИНГ ГОМЕОСТАЗА АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ

Бутцев Владимир Степанович, доктор физико-математических наук, почетный профессор ИТЭФ, академик и Вице-президент Российской инженерной академии по науке и ядерной энергетике, научный сотрудник Объединенного института ядерных исследований

Косырев Вячеслав Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, сотрудник Российской инженерной академии

Павлов Алексей Александрович, сотрудник Российской инженерной академии

Аннотация

В статье рассматривается комплекс стратегических задач, отражающих круг вопросов, связанных темой «Безопасность жизнедеятельности». В результате решается задача мониторинга и прогноза безопасности территорий, сооружений и технических объектов на всем их жизненном цикле. Предлагается использовать наукоёмкие технологии, развиваемые в Объединенном институте ядерных исследований и Российской инженерной академии для поиска новых путей гармонизации отношений в интересах устойчивого развития в системе природа-общество-человек. Рассматриваются реальные прорывные технологии, в том числе решается глобальная задача в качестве топлива на АЭС и мини-АЭС вместо ^{235}U использовать ^{238}U в реакции облучения ^{238}U быстрыми нейтронами для получения ^{239}Pu. Тогда АЭС будут работать в качестве размножителя, когда нового топлива оказывается больше, чем загруженного изначально. Этот научный прогресс способен обеспечить страну доступной дешевой электроэнергией на несколько лет вперед при дефиците ^{235}U и падении цен на нефть.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: устойчивое развитие, мониторинг гомеостаза, АЭС, мини-АЭС, топливо для АЭС, уран-235, уран-238, плутоний-239.

SYSTEM MONITORING OF HOMEOSTASIS OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL FACTORS

Buttsev Vladimir Stepanovich, Doctor of Physics and Mathematics, professor emeritus at ITEP, Academician and Vice-President of the Russian Academy of Engineering on Science and Nuclear Energy, researcher at the Joint Institute for Nuclear Research

Kosyrev Vyacheslav Evgenievich, Doctor of Engineering, professor, member of the Russian Academy of Engineering

Pavlov Alexey Alexandrovich, member of the Russian Academy of Engineering

Abstract

It is supposed to use advanced technologies being developed at the Joint Institute for Nuclear Research and at the Russian engineering academy for search of new paths of harmonization of relationships in interest of a stable development within the nature-society-man system. The real high technologies are considered including the solving of the global problem of using U-238 in the U-238 irradiation reaction by fast neutrons for producing Pu-239 as a fuel for APS and mini-APS. In this case, the nuclear power plants will work as a multiplier when new fuel is more than it was loaded initially. Such a scientific progress is capable of providing the country with available and cheap electric power for several years ahead at a u-235 deficiency and falling the oil prices.

KEYWORDS: sustainable development, System monitoring of homeostasis, Atomic Power Station, mini-versions, as fuel for APS, ^{235}U, ^{238}U, ^{239}Pu.

Посвящается памяти Героя Советского Союза,
основателя и первого Президента Международной Лиги
защиты человеческого достоинства и безопасности,
Варенникова Валентина Ивановича.

В рамках общей рубрики СИСТЕМНЫЙ МОНИТОРИНГ ГОМЕОСТАЗА АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ рассматривается комплекс стратегических задач, отражающих круг вопросов, связанных темой «Безопасность жизнедеятельности».

В результате становления темы, решаются задачи мониторинга и прогноза безопасности территорий сооружений и технических объектов на всём их жизненном цикле.

Нам жизненно необходимо создание условий для выхода экономики на траекторию быстрого и устойчивого роста. Новизна заключается в системности подхода, в учете международного опыта и в приведении макроэкономической политики в соответствие с национальными интересами, то есть её суверенизация. В этом самое слабое место сегодняшней экономической системы, которая подвергается агрессии извне.

В целях снижения рисков и смягчения последствий и чрезвычайных ситуаций (ЧС), обеспечения безопасности жизнедеятельности и сохранения среды обитания предлагаются комплексные исследования мониторинга ряда основных параметров антропогенного и природно-техногенного гомеостаза, анализа его состояния и прогнозирование динамики изучаемых процессов.

Возникновение ЧС в первую очередь обусловлено объективно существующими возможностями зарождения и развития неблагоприятных стихийных явлений (землетрясения, тайфуны, наводнения, цунами и т.д.). По данным ЮНЕСКО печальное лидерство принадлежит землетрясениям – они занимают первое место среди ЧС по экономическому ущербу и одно из первых мест по числу человеческих жертв.

Четверть территории СНГ расположена в особо опасных с сейсмической точки зрения районах.

Следует заметить, что в силу географических и климатических условий почти во всех регионах Российской Федерации возникают не только землетрясения, но и катастрофические наводнения и затопления, снежные заносы, лесные и торфяные пожары, ураганы, оползни, лавины.

Наибольшую опасность из рассматриваемых процессов в России представляют наводнения, оползни и обвалы, землетрясения, смерчи, лавины, сели, цунами (табл.). Именно с ними часто связан огромный социально-экономический ущерб, величина которого исчисляется десятками миллиардов рублей в год.

Суммарные результаты негативного воздействия роста экономического потенциала государств на окружающую природу:

Сфера воздействия	Некоторые характеристики воздействия
Мировой океан	Ежегодно в мировой океан попадает до 30 млн. т нефти и нефтепродуктов, 6 млн. т фосфора, 20 млн. т пестицидов
Запасы пресной воды	Годовое потребление человеком пресной воды составляет 3500 м³. При этом слив неочищенных вод – 32 м³ . (1 м³ стоков губит 50 м³ пресной воды)
Атмосфера	Ежегодно в атмосферу выбрасывается около 5 млрд.т углекислого газа, 200 млн.т окиси углерода, 146 млн.т двуокиси серы, 53 млн.т окислов азота. Наметилась возрастающая тенденция ежегодного разрушения озонового слоя, роста «парникового эффекта»
Фауна и флора	Леса планеты уничтожаются со скоростью 20 га/мин, что в 18 раз превышает темп их роста. Под угрозой распространения пустыни находится до 20% поверхности суши. Ландшафты разрушаются со скоростью 44 га/мин. На грани исчезновения находятся более 1000 видов позвоночных животных и 25 тыс. видов растений
Глобальная сфера	На 35 испытательных полигонах мира взорвано более 1800 ядерных боеприпасов, 25% из которых – над поверхностью земли, что привело к радиоактивному загрязнению некоторых районов с уровнями, превышающими чернобыльские. Кроме того, на сегодняшний день в мировом океане затонуло более 5 атомных подводных лодок (7 атомных реакторов, 16 баллистических ракет, около двух десятков торпед с ядерными боезарядами). Продолжается практически неконтролируемое захоронение радиоактивных отходов в морях (океанах) и на суше

Примеры ЧС техногенного характера:

- Аварийные ситуации на ж.д. транспорте;
- Авиакатастрофы;
- Катастрофы на автодорогах;
- Аварии на судах;
- Аварии на магистральных трубопроводах;
- Пожары, взрывы, обрушения на промышленных объектах и объектах

В статье рассматриваются комплексные системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей, антикризисного управления. Это также касается мониторинга критически важных и потенциально опасных объектов, систем сейсмических наблюдений и предупреждения о цунами. Планируется формирование экспериментальной научной базы в этой области, улучшение научного анализа опасных природных и техногенных явлений с учетом изменения климата и комплексных систем их мониторинга.

Заказчиками и пользователями системы в России могут являться: МЧС, Министерство образования и науки России, Ростехнадзор, Росгидромет, Рослесхоз, Ространснадзор, а также организации нефтегазовой отрасли, геологи, строители. Важным аспектом является безопасность особо охраняемых объектов и мобильных объектов от природных и техногенных воздействий.

Особенности методик следующие:

- Исследование конкретного процесса производится на моделях.

Гомеостатическая модель процесса генерируется на основании мониторинга эндогенных параметров и экстернальных воздействий.

- В целях повышения достоверности исследований производится выявление коррелирующих и взаимно обуславливающих параметров.
- Производится анализ и визуализация изучаемых процессов в пространстве и времени (ретроспектива, текущее состояние, прогноз).
- Обеспечивается информирование и оповещения населения и ведомств о потенциальных опасностях.
- Проведение исследований на основе накопленных данных с применением методов искусственного интеллекта для повышения достоверности результатов в интересах конкретных отраслей.

Основные направления исследований:

- экологические аспекты природного и антропогенного гомеостаза;
- предупреждение землетрясений, вулканизма, наводнений, оползней и обвалов, землетрясений, смерчей, лавин, селей, цунами;
- сельское хозяйство;
- лесное хозяйство;
- биоресурсы;
- гидрология;
- геологоразведка и геофизические изыскания;
- экономика регионов;
- состояние здоровья населения;
- медицинские исследования;
- транспортные сети;
- транспортные средства;
- зона ответственности МЧС;
- стройкомплекс (проектирование);
- космический сектор (астрофизические аспекты);
- метеорология;
- эндогенная активность.

Технические средства наблюдения:

- первичные датчики параметров изучаемых процессов (сейсмические, изотопные, химические, магнитометры, и т.п.);
- телекоммуникационная среда;
- система сбора данных;
- аппаратно-программные комплексы предварительной обработки информации;
- комплексы накопления и хранения информации (архивы);
- аппаратно-программные комплексы пространственно-временной обработки и визуализации динамических процессов;
- оборудование исследовательской лаборатории.

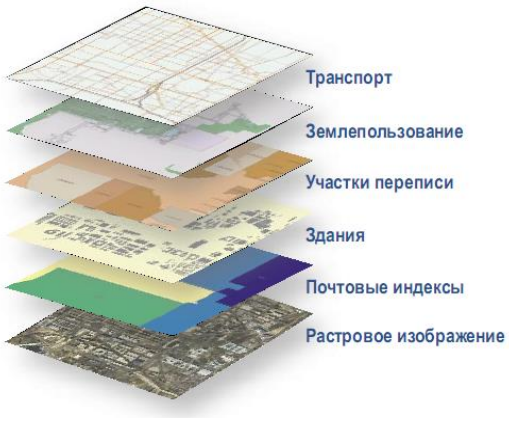

Рис. 1. Система баз разнородных данных

К другим примерам относится:

- Обнаружение источников экологического загрязнения и прогноз динамики его распространения.

Система баз разнородных данных организует пространственные данные в виде тематических слоев и таблиц:

- Слои данных (базы данных) имеют пространственно-координатную и временную привязку;
- Могут быть «наложены» друг на друга;

Создание многодисциплинарных баз данных;

- Разработка многоцелевой многоуровневой системы обработки;
- Разработка методов распознавания, классификации, аппроксимации и кластеризации и интеграции с базами данных

Специальное геофизическое оборудование (ДЗЗ) работает в спектральном диапазоне, в котором находятся характеристические частоты всех химических элементов. Оборудование обладает рекордной чувствительностью. Компьютерная обработка информации позволяет с

высокой точностью выявит экологические загрязнители и определить координаты источника. Совместная обработка данной информации с метеорологической информацией, информацией о рельефе местности, водных потоках, течениях, и т.п., позволяет с высокой точностью прогнозировать динамику распространения загрязнителя.

В области измерения диагностических параметров механических систем получили всеобщее применение вибрационные методы, основанные на статистических моделях экспериментальной оценки состояний ресурса прочности по двум скалярным параметрам «дрожания» - амплитуде и частоте. Эти элементы являются эмоциональными, внешними показателями системы, которые отражают понимание усредненных спроецированных скалярным образом пространственных деформационных процессов.

На рубеже XXI века, в связи с практической реализацией идеи создания векторных фазочувствительных метрологических средств на основе компьютерных технологий, появилась прорывная возможность пространственной реконструкции контурных анизотропно-прочностных динамических портретов, позволяющая прямым методом достоверно оценивать напряженно-деформированные состояния и вибрационно-диагностические параметры объектов мониторинга(рис.2). Разработан и внедрен фундаментальный и универсальный для всех областей машиностроения и строительства метод, практически реализующий инновационную информационную технологию безопасности среды обитания.

Сравнительная информативность скалярного и векторно-фазового методов измерения представлена ниже в виде многомерной реконструкции пространственно-временного множества мгновенных векторов деформационного поля в измерительной точке объекта мониторинга. Пожары, взрывы, обрушения на промышленных объектах.

Рис. 2. Информативность скалярного и векторного-фазового методов

Учитывая, что будущее за атомной энергетикой, и достойной альтернативы нет, на первое место выдвигается вопрос масштабности проблемы. Значительное усиление позиции ядерной энергетики может произойти в связи с экспериментами, проведенными 24 ноября 2015 г. на 4–м энергоблоке Белоярской АЭС, Свердловской области. Сенсация состоит в том, что российские атомщики предложили использовать на 4-м блоке в реакторе на быстрых нейтронах БН-800 в качестве топлива не редкий ^{235}U, как на обычных АЭС, а «отвальный» изотоп ^{238}U, составляющий 99% добывающего урана и 94% отходов традиционной атомной энергетики. Научно-технический прогресс, который состоится в случае данного эксперимента, способен обеспечить страну доступной и в меру дешевой электроэнергией на несколько сотен лет вперед. Это очень важно для страны в настоящее время, когда происходит падение цены на нефть.

Распространенность изотопов урана в природе известна: ^{234}U ($2{,}44\times10^5$лет) 0,005%; ^{235}U ($7{,}04\times10^8$лет) 0,7%; ^{238}U ($4{,}47\times10^9$лет) 99%. Ученые многих стран Мира мечтают использовать ^{238}U в качестве топлива для АЭС. Из наших экспериментов известно, если ^{238}U бомбардировать быстрыми нейтронами, он превращается в плутоний ^{239}Pu($2{,}439\times10^4$лет) т.е. в новое, готовое топливо для АЭС. Этот факт был использован на 4-м блоке БН-800, Белоярской АЭС. Тогда реактор на быстрых нейтронах работает в качестве размножителя, когда нового топлива оказывается больше, чем загруженного первоначально. С такими реакторами добывать свежий уран уже не требуется, обогащать его тоже не нужно. Безопасность такого реактора значительно повышается. И всегда имеется оружейный плутоний.

Другим перспективным направлением исследований ядерной энергетики с использованием реакции($^{238}U+n)^{239}Pu$ становится электроядерный способ производства энергии и трансмутации долгоживущих радиоактивных изотопов подкритическими системами. Этот метод в атомной энергетике основан на делении ядер либо ^{235}U, либо по новой методике ^{239}Pu в подкритических системах, управляемых внешними источниками быстрых нейтронов.

Уран – полиэтиленовая подкритическая сборка (максимальный коэффициент умножения ×0,975) представляет собой куб с ребром 120 см. Сборка собирается из кубиков полиэтилена с готовыми каналами для установки ТВЭЛов, расположенных в прямоугольной решетке с шагом, равным 20 мм. В центре сборки размещается нейтронно-производящая мишень Pb 80×80×580мм. В активной зоне подкритической системы предусмотрены экспериментальные каналы ø20 мм для размещения мишеней (в том числе и каналы для мониторирования плотности потока нейтронов). Инициирование сложной цепочки ядерных

превращений осуществляется пучками нейтронов, падающих на мишень, окруженную подкритической средой (бланкет), в которой происходит умножение нейтронов и, в которой, собственно, и происходит крупномасштабное выделение энергии (рис. 3).

В настоящее время в мире еще нет ни одной электроядерной установки, однако такие устройства с различным уровнем тепловой мощности проектируются и уже близки к началу строительства в нескольких странах. Главным достоинством электроядерных мини-АЭС является их безопасность и безотходность. С выключением пучка заряженных частиц, падающих на мишень, прекращается ядерная реакция. Облучение исследуемых образцов в экспериментальных каналах с ø20 мм, расположенных на расстоянии от центра сборки на 10 см. Сборка окружена графитовыми брусками (графит высокой чистоты), которые являются боковыми рефлекторами (ширина бруска 300мм). Мини-АЭС более удобны в эксплуатации, безопасны и, в отличие от используемых сегодня АЭС, не несут той гигантской разрушительной силы и заражения радиоактивностью. Мини-АЭС можно размещать вблизи поселков, воинских гарнизонов, деревень и даже крупных городов. Мини-АЭС можно размещать также на судах и доставлять в нужное место. В программе создания мини-АЭС рассмотрен вопрос пролонгированных, снятых с АЭС отработанных ТВЭЛов, так называемого облучённого ядерного топлива (ОЯТ). Выработка ТВЭЛов в такой конструкции составляет не 5%, а 95%. Производство электроэнергии мини-АЭС будет в сотни раз дешевле, чем на действующих АЭС.

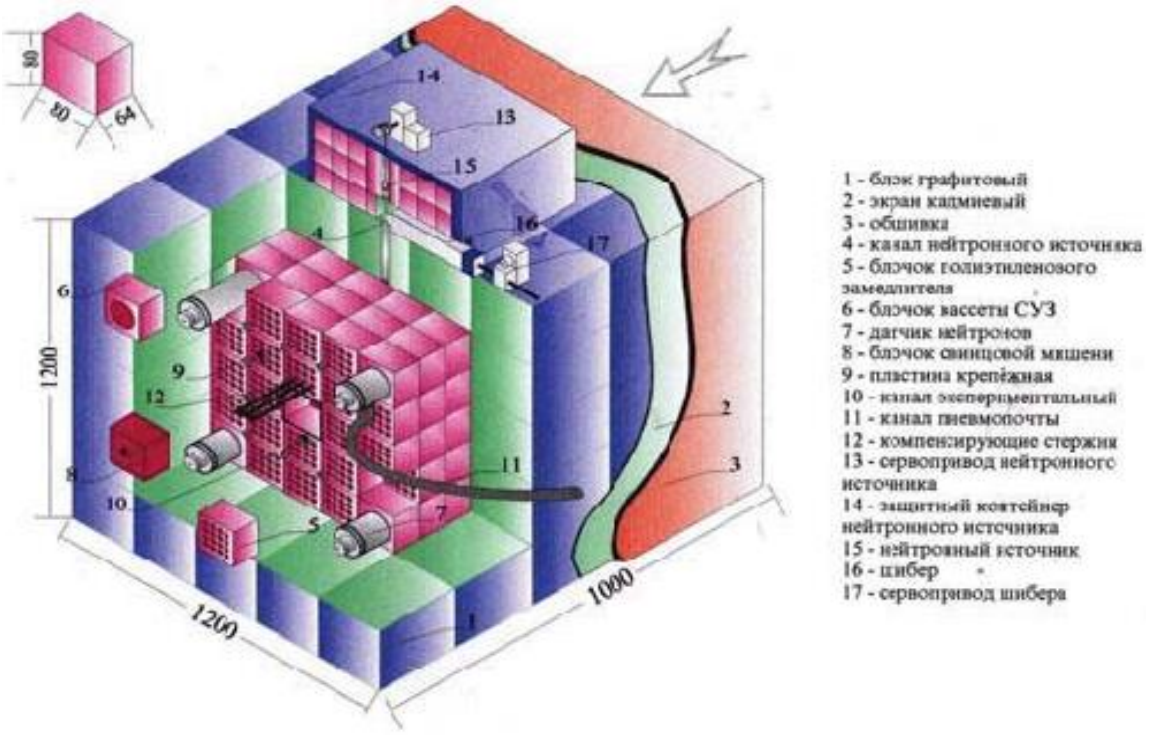

Рис. 3. Прототип мини-АЭС уран-полиэтиленовой подкритической сборки мощностью от 10 до 500 кВт

При создании локальных и резервных источников энергии на базе мини-АЭС (коэффициент использования ТВЭЛов возрастает с 5% до 95%).

Известно, что в 31 стране мира эксплуатируется 470 ядерных энергоблоков и еще 53 строится. Например, Япония подтвердила строительство 20 новых ядерных энергоблоков, Китай наметил к 2020 году довести суммарную мощность до 50ГВт. Россия ведёт строительство АЭС в Иране, Индии, Белоруссии. Все атомные электростанции Мира производят 375 гигаватт электроэнергии. Большинство энергоблоков, находящихся в эксплуатации, необходимо модернизировать. Поэтому многие страны вкладывают миллиарды долларов в научные разработки нового поколения АЭС.

Следует также отметить, что с учетом всей энергетической цепочки производства и потребления электричества АЭС дают выход CO_2 в 40–100 раз меньше по сравнению с современными энергетическими цепочками углеводородного топлива. Отличительной чертой ядерной энергетики является включение во внутренние издержки производства расходов на обеспечение безопасности, обращение с радиоактивными отходами (РАО) и снятие энергоблоков с эксплуатации. Эти расходы включаются в цену энергии АЭС.

Все выше изложенное свидетельствует не только об огромном экономическом эффекте, но и об экологическом аспекте исследуемой проблемы. Финансовая выгода от вложения средств в это направление будет огромна, нужны финансовые вложения только на первом этапе создания мини-АЭС.

В последние годы уделяется много внимания системам мониторирования чрезвычайных ситуаций и достоверной реконструкции деформационных полей среды обитания, измерения и контроля основных параметров, характеризующих состояние атмосферных процессов а также решения ряда экологических проблем (снижение риска эксплуатации АЭС и других объектов ядерно-топливного цикла и прогнозирование радиологической обстановки вблизи АЭС и на большом удалении от неё).Технический результат–расширение функциональных возможностей. Для достижения данного результата проводятся экспресс-измерения непосредственно на месте реального исследования. При этом определяются концентрации радиоактивных инертных газов криптона и радона в атмосфере на уровне низких природных фоновых значений концентраций этих исследуемых изотопов. Измерение радиоактивных инертных газов криптона и радона в атмосфере осуществляется с помощью гамма-спектрометрического анализа.

Система мониторирования по концентрации радиоактивных инертных газов криптона и радона успешно используется во многих чрезвычайных ситуациях, связанных с извержениями вулканов, движением океанских плит и землетрясениях.

Известно, что в горячей текучей мантии Земли идёт медленная конвекция. Верхний холодный твёрдый литосферный слой Земли этими течениями расколот на движущиеся плиты. На стыках этих плит и происходят землетрясения. Горячие потоки магмы, выходящие на поверхность, инициируют извержение вулканов, а застревающие потоки, охлаждающиеся на глубине, создают рудные месторождения. Все указанные процессы сопровождаются выделением инертных газов криптона (^{36}Kr), ксенона (^{54}Xe) и радона (^{222}Rn). Чем выше концентрация этих газов в атмосфере, тем интенсивнее идёт процесс землетрясения или извержения вулкана.

Чрезвычайно интересно отметить, что, зная историю перемещения плит, можно восстановить, где были ранее на Земле вулканы и месторождения в момент их образования, до их перемещения с океаническими плитами и континентами.

Литература

1. Большаков Б.Е., Кузнецов О.Л. Инженерия устойчивого развития. — М.: РАЕН, 2012.
2. Косырев В.Е. и др. Техническое предложение по построению системы агроэкологического мониторинга. — М., 1989.
3. Косырев В.Е., Батанов В.А., Павлов А.А. Многопараметрический мониторинг планеты. — М., 2012.
4. Кузнецов О.Л., Кузнецов П.Г., Большаков Б.Е. Система природа-общество-человек: устойчивое развитие. — М.: ИД «Ноосфера»,2000.
5. Сперанский А.А. Стратегия опережающего технологического лидерства на основе интеллектуальных инструментов наблюдения процессов, режимов и состояний // Технодоктрина-2014, сайт ВПК [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://vpk.name/news/123400, свободный.
6. Сперанский А.А. Природный феномен напряженно-деформированных состояний // Двигатель: №3, 2015. — С. 18-23.
7. Сперанский А.А., Михеев А.А., Михайлов Г.Г. Интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной системообразующей основы перспективных межвидовых исследований // Двигатель: 2015.
8. Smirnov I.N., Speranskiy A.A. Wave Phase-Sensitive Transformation of 3d-Straining of Mechanical Fields // IOP Publishing, 2015. doi:10.1088/1757-899X/96/1/0120606.
9. Buttsev V.S., Brandt R. et al. First experiments on transmutation studies of iodine-129 and

neptunium-237 using relativistic protons of 3.76 GeV / Preprint JINR E1-97-59. — Dubna, 1997 // J. radioact. Nucl. Chem. Letters: Vol.222, №2, 1997.

10. Buttsev V.S., Brandt R. et al. Transmutation of radioactive waste with the help of relativistic heavy ions / Preprint JINR E1-57-211. — Dubna, 1997 // Kerntechnick: Vol. 26, 1998.
11. Buttsev V.S., Brandt R. et al. Emission of relativistic heavy fragments at wide angles from the interaction of 58 GeV O-16 ions copper target // Radiation measurement: Vol. 29, 1998.
12. Buttsev V.S., Buttseva G.L., Sisakian A.N. et al. Research programme for the 660 MeV Proton accelerator driven MOX-Plutonium subcritical assembly // Topical Conference on Plutonium and Actinides “Plutonium Futures: The Science” (Santa Fe, New Mexico, USA, 2000) / AIP Conference Proceedings: 532. — Melville, New York: Preprint JINR E1-200-64, 2000.
13. Buttsev V.S., Sisakian A.N. et al. Neutron spectra emitted from the lead target irradiated by the 660 MeV protons // Proceedings of the Tenth Symposium on Radiation Measurements and Applications (Ann-Arbor, MI, USA, 2002) / North-Holland Nuclear Instruments and Methods in Physics Research: A, Vol. 505, 2003.
14. Buttsev V.S., Chigrinov S.E. et al. Research of the neutron spectrum subcritical assembly with MOX-fuel // Proceedings of the IX Int. Nucleus-Nucleus Conf.: Rio, Brazil, 2006.
15. Бутцев В.С. Наше время. — М.: Издательство «Академика», 2015.