
СОЗДАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПЕРСОНАЛА, РАБОТАЮЩЕГО С ЯЗ, ЯБП И ВЭУ, ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ПОКАЗАТЕЛИ СПЕЦБЕЗОПАСНОСТИ

И. Б. Корзенева, кандидат биолог. наук, Е. В. Степанова

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Новизна разрабатываемой системы заключается в создании алгоритма поддержки принятия решений для оценки и прогнозирования состояния здоровья персонала, работающего во вредных условиях труда, который базируется на формировании совокупности генетических, социально-демографических, психофизиологических и др. данных для количественной оценки вклада вредных производственных факторов в состояние здоровья персонала.

Моделирование человеческого фактора является наиболее сложной частью вероятностного анализа безопасности потенциально опасных объектов. Специалистами РЭР впервые в отрасли эта разработка позволит минимизировать влияние т. н. «человеческого фактора» на показатели спецбезопасности, что до сих пор является серьезной и нерешенной проблемой. Под спецбезопасностью понимают комплекс показателей, характеризующих: состояние работы руководства предприятия и его подразделений, качество подготовки персонала, состояние ЯЗ, ЯБП, их составных частей и технологического оборудования, транспортных средств, зданий и сооружений, специальных защитных средств, степень обеспеченности безопасных условий на производстве, при хранении и транспортировке, состояние физической защиты, а также степень готовности сил и средств к действиям по ликвидации последствий аварийных ситуаций (аварий).

Серьезность проблемы определяется масштабами применения атомной энергии в России – количество объектов только мирного использования атомной энергии к 2010 году достигло 19000, и эта перспективная отрасль постоянно расширяется. Многие предприятия атомной отрасли являются радиационно- и/или ядерно-опасными. Так, например, в Центральном ФО действуют 25 радиационно- и/или ядерно-опасных объектов. Государственная программа «Развития атомного и энергопромышленного комплекса», рассчитанная до 2025 года [1], также предусматривает дальнейший рост числа таких объектов.

На этих объектах существует вероятность возникновения аварийных ситуаций, приводящих к загрязнению радиоактивными изотопами и повышенным уровнями гамма- и нейтронного ионизирующего излучения.

Кроме того, серьезную проблему создает существование большого количества требующих экологического мониторинга и реабилитации радиационно-загрязненных объектов и территорий, связанных с выполнением предыдущих оборонных и промышленных программ использования атомной энергии, на которых по-прежнему работают и проживают люди.

Хроническое воздействие ИИ, которому они подвергаются, приводит к повреждению иммунной системы, возникновению онкологических и соматических заболеваний

у облученных, а также генетических эффектов у их потомков (цитировано по «Программе развития атомной отрасли Российской Федерации на период 2006–2010 гг.» от 08.06.2006 г. № 4483) [2]. Проблема состояния здоровья персонала, поднятая в этом основополагающем документе, еще более акцентирована в «Стратегии национальной безопасности страны» и названа ведущим приоритетом [3].

Общеизвестно, что состояние здоровья персонала сказывается на возникновении 77 % аварийных ситуаций на предприятиях ядерно-оружейного комплекса (ЯОК) и ядерно-энергетического комплекса (ЯЭК). Поэтому, **для поддержания должного уровня безопасности необходимо относиться к состоянию здоровья персонала как фактору безопасности.** Об этом же говорится в «Основах государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» (утв. приказом Президента РФ 1 марта 2012 г. ПР-539, III, п. 8г, стр.4) [4], в рамках которой должно быть обеспечено «... **совершенствование системы профессионального отбора, подготовки, переподготовки, повышения квалификации с использованием современных генетических, психофизиологических и медицинских методов диагностики состояния здоровья персонала...**».

Таким образом, в современных условиях развития производственных технологий приоритеты государства направлены на «... **сохранение здоровья работающих, профилактику профессиональных и профессионально-обусловленных заболеваний и связанное с этим широкое внедрение информационных технологий...**» (из послания Президента В.В. Путина Федеральному Собранию в декабре 2016 года) [5]. Для Росатома это означает необходимость «**проведения радиационно-эпидемиологических исследований для оценки состояния здоровья лиц, подвергшихся радиационному воздействию**», как сказано в «Основах государственной политики ...» [4].

Там же [4] сказано, что актуальной задачей в области усиления защиты ядерно- и радиационно-опасных объектов, персонала, населения и окружающей среды является «...**ведение медико-дозиметрического регистра работников атомной промышленности в целях определения групп потенциального радиационного риска**».

Поэтому в РФЯЦ-ВНИИЭФ, в дополнение к системе дозиметрического контроля, в течение 20 лет успешно функционирует Радиационно-эпидемиологический регистр (РЭР). В базу данных РЭР включены все категории персонала РФЯЦ-ВНИИЭФ и других предприятий отрасли, подвергающегося действию различных видов ИИ (α -, β -, γ -нейтронного, сочетанного) в ходе работы с ЯЗ, ЯБП и ВЭУ по ядерно-оружейной тематике. Кроме того, в РЭР включены группы сотрудников, подвергающихся пролонгированному воздействию токов сверхвысоких частот (СВЧ) и электромагнитного излучения (ЭМИ).

РЭР представляет собой постоянно действующую и пополняемую систему сбора, систематизации и анализа информации обо всех вышеперечисленных категориях лиц. Базы данных РЭР управляются специально разработанным программным обеспечением (ПО). Таким образом, РЭР представляет собой «хранилище данных» для выполнения задач прогнозирования и выполнения аналитических операций.

БД РЭР патентно защищена свидетельством о государственной регистрации БД «Радиационно-эпидемиологический регистр РФЯЦ-ВНИИЭФ» от 20.10.2011 г. № 2011620775. На ее базе разработаны еще 5 ПО и БД, также патентно защищенных. Кроме того, 2 свидетельства проходят разрешение на информационный обмен.

Использование РЭР делает возможным проведение исследований по оценке эффектов длительного воздействия вредных производственных факторов на состояние здоровья персонала и на этой основе:

– развивать риск-ориентированный подход к комплексной оценке надежности персонала;

– прогнозировать индивидуальную реакцию конкретного сотрудника в случае воздействия на него конкретных видов ИИ, ЭМИ, токов СВЧ или естественного излучения;

– на научной основе оптимизировать систему подбора кадров для работы с ЯЗ, ЯБП и ВЭУ, т. е. сделать возможным подбор как для штатной, так и для аварийной работы в радиационно-опасных условиях на предприятиях атомной промышленности *наименее радиочувствительный и, одновременно, наиболее психологически устойчивый персонал.*

Для реализации этих целей в настоящее время на базе РЭР ведутся работы по созданию автоматизированной классифицирующей системы (АКС), позволяющей выполнять оперативную классификацию работников по молекулярно-генетическим и психо-физиологическим критериям.

АКС реализуется в виде СППР, поскольку:

1. проблема минимизация влияния человеческого фактора на показатели специальной безопасности является многофакторной задачей,

2. задача является плохо формализуемой и слабо структурируемой;

3. обработка подобных данных является трудоемкой и требующей больших затрат работой;

4. ее решение возможно лишь при комплексном подходе с объективным учетом всех факторов риска и должно сочетать:

– использование интуиции лица, принимающего решение,

– мнение экспертов и аналитиков,

– современные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений и методов интеллектуального анализа данных;

– способность к самообучению, т. е. использование методов автоматической классификации примеров ситуаций реальной практики (обучения на примерах). Это по-

вышает точность модели прогноза за счет увеличения объема данных.

На рис. 1 приведена структура и функции АКС. В структуру СППР входят следующие компоненты:

1. набор соответствующих банков данных;

2. набор необходимых математических моделей и методов расчета и, реализованные на их основе, расчетные программы;

3. программная подсистема управления;

Далее подробно описан каждый из компонентов СППР:

1. **Банк данных** является информационной платформой для СППР и включает следующие БД:

1.1. **дозиметрическая БД** содержит сведения об условиях труда и индивидуальных поглощенных дозах облучения всех категорий персонала РФЯЦ-ВНИИЭФ, контактирующих с различными видами ИИ,

1.2. **социальная БД** содержит паспортно-регистрационные данные сотрудников, кадровую информацию,

1.3. **демографическая БД**, наполнена различными данными о предках и потомках персонала,

1.4. **молекулярно-генетическая БД** включает информацию о проведенных для конкретного сотрудника результатах лабораторных исследований, включая интегральную структуру генотипа, генетические полиморфизмы, эпигенетические модификации и др.

1.5. **психо-физиологическая БД** содержит результаты аппаратных (оценка вариабельности ритма сердца, личностные, когнитивные сенсомоторные психологические качества) и тестовых методов исследования (например, оценка темперамента, типа мышления, уровня невротизации и др.),

1.6. **БД «Интегральный показатель безопасности»** содержит данные актов комиссионных проверок состояния ядерной и радиационной безопасности, проведенных органами государственного и ведомственного надзора и контроля за обеспечением безопасности на предприятиях отрасли,

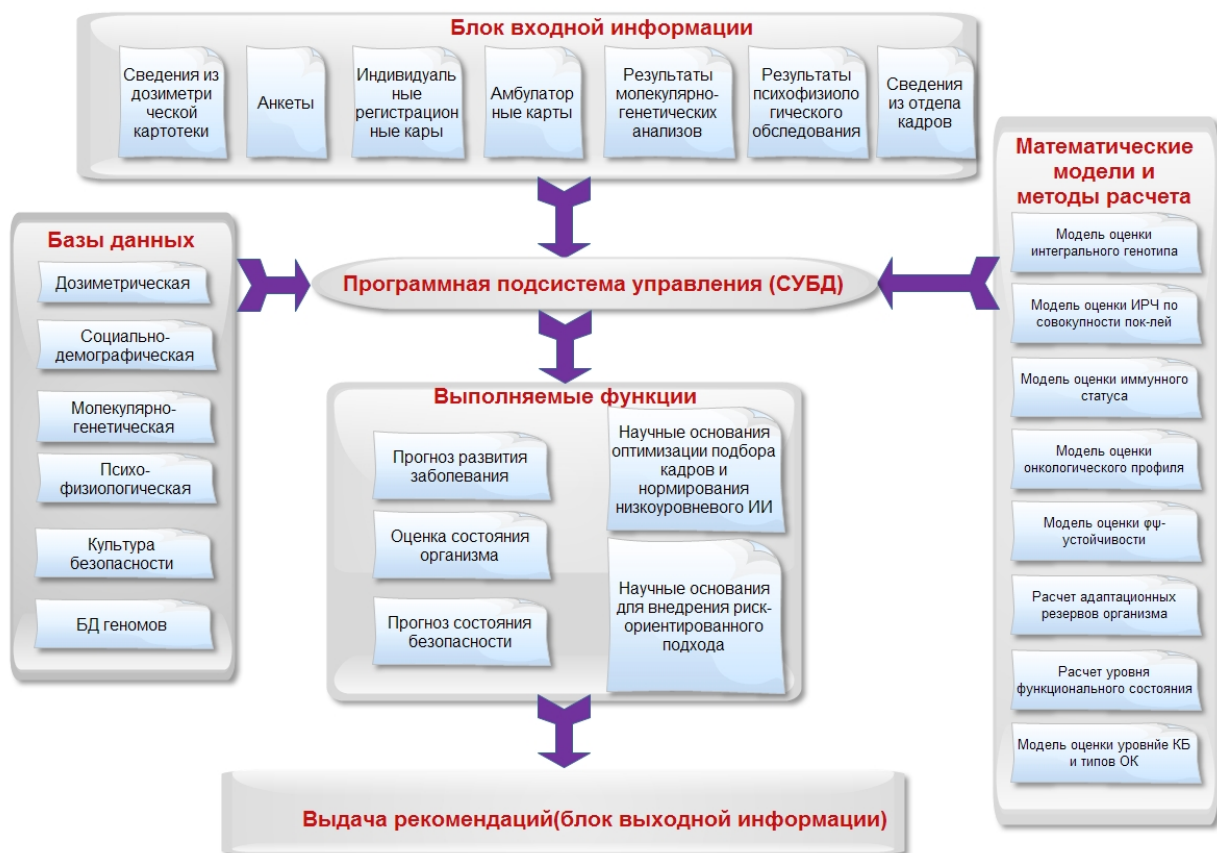


Рис. 1. Структура и состав АКС

1.7. *международные геномные БД* представляют собой электронные библиотеки и служат для обобщения информации о генах, их функциях, о геномах, генотипах, фенотипах и ассоциированной с ними предрасположенностью/устойчивостью к заболеваниям.

2. **Набор расчетных программ**, включающий:

2.1. Модель оценки интегрального генотипа,

2.2. Модель оценки индивидуальной радиочувствительности по совокупности показателей,

2.3. Модель оценки иммунного статуса,

2.4. Модель оценки онкологического профиля,

2.5. Модель оценки психофизиологической устойчивости,

2.6. Расчет адаптационных резервов организма,

2.7. Расчет уровня функционального состояния организма,

2.8. Модель оценки уровней культуры безопасности и типов организационной культуры.

Для построения прогностических и диагностических решающих правил¹ в разрабатываемой СППР положены методы нечеткой логики, которые позволяют производить интеллектуальный анализ по многомерному набору показателей в условиях часто встречающихся неполноты и нечеткости исходных данных.

3. **Программная подсистема управления** состоит из системы управления базами данных (СУБД) и системы управления интерфейсом между пользователем и компьютером.

¹ Решающее правило – правило принятия решения о состоянии изучаемого объекта при неполной информации.

В качестве СУБД для реализации настоящей АКС выбрана объектно-реляционная СУБД PostgreSQL, которая отвечает современным требованиям импортозамещения программного обеспечения.

АКС потенциально может быть использована предприятиями различных отраслей промышленности:

- организации в системе ГК «Росатом»,
- организации авиакосмической отрасли,
- организации и объекты Минобороны,
- организации в системе энергетики,
- предприятия металлургической отрасли,
- организации в системе горнодобывающей промышленности,
- транспортные организации,
- медицинские организации,
- НИИ различной подчиненности,
- строительство, в т. ч. нефтегазовый комплекс,
- природоохранные/экологические организации,
- Федеральные муниципальные органы власти,
- страховые компании,
- физические лица.

Заключение

Актуальность и важность разработки автоматизированной классифицирующей системы для оценки и долгосрочного прогнозирования состояния здоровья персонала, подвергшегося низкоуровневому радиационному излучению, вызвано к жизни необходимостью обеспечения безопасного функционирования объектов атомной отрасли за счет **минимизации влияния т. н. «человеческого фактора» на показатели спецбезопасности** на предприятиях ядерного технологического цикла различных дивизионов Росатома (ЯОК, ТВЭЛ, Урановый холдинг, Росэнергоатом), а также необходимостью сохранения здоровья персонала.

Настоящая разработка впервые в отрасли позволит, используя современные молекулярно-генетические технологии совмест-

но с информационными технологиями, осуществлять **оперативную классификацию персонала** и выделять группы, состоящие из следующих лиц:

- с различной чувствительностью организма к действию разных видов ИИ,
- с повышенным/пониженным риском соматических и онкологических заболеваний,
- с ускоренным протеканием старения, снижением продолжительности жизни,
- с повышенной/пониженной психологической устойчивостью и генетической склонностью к неадекватным и агрессивным поведенческим реакциям.

Это обеспечит **дифференцированный научный подход к подбору персонала** для выполнения производственных задач в условиях различных радиационных воздействий, что позволит избежать развития заболеваний, серьезно ухудшающих работоспособность, состояние здоровья и продолжительность жизни персонала, приведет к закреплению кадров на предприятиях, постоянному приращению опыта, увеличению доли квалифицированного персонала, и, как следствие – к снижению доли операций, выполняемых низкоквалифицированным персоналом.

Следствием этого неизбежно станет повышение совокупного уровня профессионализма на предприятиях и снижение вероятности аварий по вине персонала. Это позволит минимизировать влияние человеческого фактора на показатели специальной безопасности на предприятиях ЯОК.

Кроме того, внедрение АКС в практику работы предприятий ГК «Росатом» позволит на научной основе **оптимизировать затраты на радиационную защиту**, а также **избежать необоснованной траты государственных средств на тотальную диспансеризацию без учета индивидуальных рисков**, оплату больничных листов и выплату страховых средств.

С другой стороны, предварительный входной подбор кадров с пониженной пси-

хологической устойчивостью и генетической склонностью к агрессивным и неадекватным поведенческим реакциям также будет способствовать снижению числа ошибок и аварийных ситуаций по вине персонала: такие катастрофы, как взрыв реактора на Чернобыльской АЭС или утечка токсичных газов на заводе в Бхопале (Индия) показали, что с помощью чисто инженерных, технологических или организационных методов решить проблему снижения риска катастроф не удастся.

Поэтому пренебрежение человеческим фактором неизбежно приведет к тому, что миллионные финансовые вложения в совершенствования технических систем поддержания безопасности будут потрачены впустую.

Все вышесказанное позволит существенно повысить качество, надежность и безопасность выполнения работ по всему жизненному циклу ЯЗ и ЯБП как в условиях нормальной эксплуатации предприятий, так и при планируемом повышенном облучении в процессе ликвидации аварий.

Таким образом, АКС выведет РФЯЦ-ВНИИЭФ в лидеры по внедрению в атомной отрасли риск-ориентированного подхода к комплексной оценке надежности персонала, основанного на учете генети-

ческих особенностей человека, индивидуальной радиочувствительности, стрессоустойчивости и надежности, а также на технологиях персонифицированной медицины.

Список литературы

1. Постановление правительства РФ № 506-12 от 2 июня 2014 «Об утверждении государственной программы «Развитие атомного и энергопромышленного комплекса».

2. «Программа развития атомной отрасли Российской Федерации на период 2006–2010 гг.» от 08.06.2006 г. № 4483)

2. Указ Президента РФ от 31.12.2015 № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ, 04.01.2016. № 1 (часть II), ст. 212.

3. Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года, утверждены приказом Президента РФ 1 марта 2012 г. ПР-539 (III, п. 8г, стр. 4).

4. Послание Президента В. В. Путина Федеральному Собранию в декабре 2016 года.