

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*С. В. Пронишкин<sup>1,2\*</sup>, И. П. Тихонов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Москва; Россия, \*e-mail: [pronichkin@mail.ru](mailto:pronichkin@mail.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва, Россия

Поступила в редакцию 09.11.2018 г.

**Аннотация** – Статья посвящена разработке вопросов определения результативности научной деятельности в области химической и биологической безопасности. Выделены особенности развития науки в этой области в современных условиях. Дается обзор методов определения результативности научных исследований и разработок, представлено обсуждение методологических проблем. Выделена специфика определения результативности фундаментальных и прикладных научных исследований. Предложено многоаспектное описание оценки результативности научной деятельности в области химической и биологической безопасности. Намечены перспективы разработки нового научно-методического инструментария для определения результативности научной деятельности в области химической и биологической безопасности.

**Ключевые слова:** результативность научной деятельности, системный анализ, экспертиза, критерии, химическая и биологическая безопасность, фундаментальные и прикладные исследования.

---

## PROBLEMS AND PROSPECTS FOR FORMALIZING SCIENTIFIC RESEARCH PERFORMANCE ATTRIBUTABLE TO CHEMICAL AND BIOLOGICAL SAFETY

*S. V. Pronichkin<sup>1,2\*</sup> and I. P. Tikhonov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Federal Research Center “Computer Science and Control”, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, \*e-mail: [pronichkin@mail.ru](mailto:pronichkin@mail.ru)

<sup>2</sup> Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Received November 09, 2018

**Abstract** – The article is focused on developing formalizing procedure for evaluation of effectiveness of scientific research in the field of chemical and biological safety science. A series of specific aspects of the development of science research in this area in modern conditions are highlighted. A review of methods for determining the effectiveness of research and development activity is given, and the related methodological problems are discussed. The specificity of determining performance of fundamental and applied research is described. A multidimensional approach for estimating performance of scientific research activity related to the field of chemical and biological safety is proposed. The prospects for the development of new scientific methodological tools for determining performance of scientific research activities in the field of chemical and biological safety are outlined.

**Keywords:** scientific research performance, system analysis, expertise, criteria, chemical and biological safety, basic and applied research.

## ВВЕДЕНИЕ

Место науки в жизни современного общества, влияние ее достижений на темпы научно-технического прогресса обусловили пристальное внимание специалистов по управлению к научным исследованиям. Процессы, происходящие в современной науке, тенденции развития отдельных ее областей, факторы, влияющие на эффективность научных исследований, социальное значение научных результатов стали предметом глубокого и всестороннего изучения. Целью многочисленных и весьма различных по характеру и методам исследований является разработка как теоретических основ организации, планирования и управления наукой, так и конкретных мер, обеспечивающих рост эффективности научной деятельности, в том числе в области обеспечения химической и биологической безопасности. В центре внимания исследователей находятся ключевые вопросы управления наукой: каковы оптимальные размеры финансирования научных исследований? Какую часть финансирования следует выделять на развитие фундаментальной и прикладной науки? Возможно ли в принципе управление наукой и в чем оно должно состоять? Каковы объективные закономерности развития науки и возможно ли надежно предсказывать будущие научные открытия? Каково содержание понятия «результативность» в науке и правомерно ли сравнение научных исследований по этому критерию? Проблемы планирования и управления наукой обсуждаются на многочисленных научных конференциях; этим проблемам посвящается все возрастающее число публикаций; в дискуссиях принимают участие ведущие ученые.

Целью настоящей работы является разработка вопросов формализации оценки результативности научной деятельности в области химической и биологической безопасности, анализ специфических особенностей отечественного и зарубежного опыта в этой области и обсуждение методологических проблем. Выбор предметной области обусловлен во многом сохранением существующего уровня и возникновением новых угроз негативного воздействия опасных химических и биологических факторов [1]. Широкомасштабное использование химических веществ с высокой токсичностью, накопление в окружающей среде опасных химически стойких соединений, разработка и внедрение в производство принципиально новых классов химических веществ с недостаточно изученным воздействием - все это усугубляет негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Отмеченные вызовы могут привести к ослаблению национальной безопасности страны в целом. Поэтому особенно актуальна реализации эффективной научно-технической политики в этой сфере для снижения уровня риска негативного воздействия опасных химических и биологических факторов на население и окружающую среду.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ НАУКИ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Анализ развития науки убедительно показывает, что в современных условиях коренным образом изменился характер научной деятельности в

области химической и биологической безопасности. Неизмеримо расширился фронт исследований. Процессы дифференциации и интеграции в науке привели к появлению целого ряда крупных научных направлений. Курс на модернизацию химического производства на новой научно-технической базе диктует необходимость научных исследований, направленных на совершенствование существующих и разработку принципиально новых технологических процессов, создание новых экологически чистых материалов и т.д.

Кроме того, в последние годы в науке особенно ярко проявляется эффект «положительной обратной связи», заключающейся в том, что полученные научные результаты влекут за собой постановку новых задач, становится возможным изучение новых классов объектов, выявление новых закономерностей и т.д. Таким образом, расширение фронта исследований для обеспечения химической и биологической безопасности является объективной тенденцией развития науки, обусловленной как запросами практики, так и логикой научного познания.

Наряду с расширением фронта исследований наблюдается резкое увеличение «ресурсоемкости» науки. Для успешного развития научных направлений в области химической и биологической безопасности в настоящее время необходимо привлечение больших коллективов высококвалифицированных научных сотрудников, подготовка выпускников «редких» специальностей – токсикологов, профпатологов, эпидемиологов, бактериологов, вирусологов, паразитологов и энтомологов путем оптимизации механизмов их подготовки, а также повышения привлекательности и престижа этих специальностей. Проведение современных исследований в данной области, как правило, требует чрезвычайно дорогостоящего, часто уникального оборудования. Средства, необходимые для осуществления комплексных программ проведения исследований химических веществ и смесей, их оценки и регистрации составляют ощутимую часть бюджетных средств.

Проявляющаяся в современной науке зависимость вероятности научного успеха от вложенных ресурсов обуславливает тенденцию увеличения стоимости научных исследований. В области обеспечения химической и биологической безопасности получение новых результатов без значительных капитальных затрат практически невозможно. Проведенные нами исследования результатов федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009 - 2014 годы)» в части Минпромторга России показали, что основной проблемой для эффективной реализации научных результатов является недостаток финансирования [2].

Зависимость результатов научных исследований от вложенных ресурсов проявляется настолько ярко, что наиболее распространенным показателем уровня развития науки в целом является объем расходов на исследования и разработки. Передовые страны тратят на исследования и разработки существенную часть бюджета, причем, эти затраты ежегодно растут. Так, например, доля затрат на исследования и разработки в ВВП США в 2017 году

составляет 2,8%, имеет место рост с 2,63% в 2007 г. В тоже время в России внутренние затраты на исследования и разработки в процентах к валовому внутреннему продукту за последние 10 лет уменьшились на 0,02% и в настоящее время составляют 1,1% [3]. Одна из очевидных тенденций развития современной науки состоит в том, что получение новых знаний в большинстве областей исследований становится все более трудной научно-технической задачей и связано с все возрастающими материальными затратами. В настоящее время ресурсные потребности науки настолько велики, что в силу естественных ограничений не представляется возможным одинаково интенсивно развивать все научные направления. Неизбежно возникает проблема сравнительной оценки по результативности различных направлений исследований, конкретных научных программ, проектов или научных организаций в целом [4, 5]. Эта проблема чрезвычайно сложна в методологическом аспектах. Прежде всего необходимо определение общего понятия «результативность научной деятельности» и формирование на его основе критерия (или совокупности критериев) для сравнительной оценки исследований в области обеспечения химической и биологической безопасности. Кроме того, число возможных путей достижения целей исследования (типов экспериментальных установок, схем эксперимента и т.д.), как правило, достаточно велико, и при анализе каждой альтернативы необходимо учитывать большое число факторов (научных, экономических, организационных, экологических и др.), которые так или иначе могут повлиять на вероятность получения результатов и их характер. Следует также принимать во внимание большую ответственность решений по планированию крупных научных программ в области обеспечения химической и биологической безопасности, т.к. эти решения влекут за собой расходование значительных средств и могут существенно повлиять на развитие междисциплинарных научных направлений.

Хотя сейчас еще не выработан единый подход к сравнительному анализу результативности научной деятельности и нередко оспаривается принципиальная возможность и правомерность такого анализа [6], на практике сравнение и выбор научных проектов активно осуществляется. Например, научными фондами, которые выделяют финансирование на проведение научных исследований. В институциональном аспекте созданию научных центров и крупных экспериментальных установок предшествует всестороннее обсуждение целесообразности подобных начинаний: изучается состояние и перспективы развития данной области науки, анализируются имеющиеся ресурсы, сравниваются различные технические варианты. При этом экономические, экологические, производственные и другие факторы часто оказываются решающими.

Темпы и сущность глобальных перемен, тенденции развития современной науки и потребности практики планирования, организации и прогнозирования в сфере научной деятельности привели к пересмотру традиционного мнения об абсолютной ценности, а следовательно, несравнимости научных результатов друг с другом. Необходимость анализа их относительной важности с учетом экономических, производственных и

социальных факторов для решения вопроса о приоритете между различными областями исследований при распределении ресурсов признается в настоящее время многими учеными [7, 8]. Подобный анализ, проводимый в том или ином виде, является неотъемлемым элементом научной деятельности. В настоящее время широко признается объективная необходимость планирования фундаментальных научных исследований и более строгое обоснование принимаемых решений по распределению ресурсов, направляемых на развитие науки. Это привело к разработке специальных методов планирования научных исследований, применение которых позволило бы обеспечить планирующие органы информацией, необходимой для принятия более последовательных и обоснованных управленческих решений [9, 10].

Принято разделять оперативное (или тактическое) и перспективное (или стратегическое) планирование НИР. В рамках оперативного планирования производится разработка последовательности действий, необходимых для реализации выбранного пути достижения цели конкретного научного исследования. Типичной для оперативного планирования является задача распределения во времени ограниченных ресурсов. Под перспективным планированием НИР подразумевается круг задач, связанных с выбором целей исследований, их оценкой и сравнением. На практике это, как правило, задачи выбора научных направлений и научных организаций-исполнителей, а также оценка результативности.

Хотя проблемы оперативного планирования НИР достаточно сложны, в этой области наблюдается сравнительно большое единство взглядов по основным вопросам в рамках национальных инновационных систем [11]. Напротив, в области перспективного планирования НИР положение гораздо менее определенное. Однако именно эти проблемы являются наиболее важными при разработке и реализации научной политики для обеспечения химической и биологической безопасности, и существует целый ряд уровней управления, на которых эти проблемы решаются.

## **МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК**

Для более глубокого понимания проблем, связанных с определением результативности научных исследований и разработок в области химической и биологической безопасности, целесообразно рассмотреть существующие методы оценки научных исследований и разработок (НИР).

К настоящему времени опубликовано множество различных методов оценки НИР [12–14]. Разработка таких методов стала важным направлением деятельности многих научных организаций в России и за рубежом. Основным содержанием большинства этих методов является определение общего показателя результативности проектов НИР в зависимости от совокупности количественных оценок этих проектов по многим критериям. Выбор проектов НИР производится в соответствии с величиной общего показателя результативности.

В целом, можно отметить, что в России и в ведущих индустриальных государствах оценка результативности научных исследований велась, в большей степени, по количественным показателям. Вместе с тем в настоящее время преобладает мнение, что при оценке результативности должна действовать комплексная система, в которой количественная оценка должна быть лишь одним из факторов. Принятие решений должно осуществляться на базе многоаспектного анализа, принимающего во внимание качественный уровень результата. В России для решения сложных, многопараметрических, слабоструктурированных задач разработан методический подход, в основе которого лежит использование качественных характеристик [2]. Этот подход позволяет оперировать с экспертной информацией без ее преобразования в числовую форму. Основанная на этом подходе методика была использована для решения ряда важных промышленных и оборонных задач. В частности, эта методика успешно реализована в период 2012-2015 гг. при оценке результатов федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009 - 2014 годы)» в части Минпромторга России. Представляется целесообразным рекомендовать в дальнейшем при оценке результативности научных исследований более широкое использование методического подхода, основанного на использовании качественных характеристик.

При таком обилии методов оценки результативности НИР представляются своевременными и полезными попытки их классификации. Такую классификацию можно производить, используя различные признаки деления. Предлагается классификация по следующим аспектам.

Вид общего показателя результативности научной деятельности. При этом методы классифицируются в зависимости от того, выражается ли общая результативность безразмерной величиной, например, оценкой в баллах, или определяется выраженная в денежных единицах прибыль от практической реализации результатов научных исследований и разработок.

Тип окончательного результата применения метода оценки результативности научной деятельности. При этом методы классифицируются в зависимости от того, является ли результатом их применения распределение проектов по величине результативности или из множества предложенных проектов должны быть выбраны такие, суммарный эффект от выполнения которых при заданных ограничениях был бы максимальным.

Способ распределения множества проектов НИР. Классификацию по этому признаку следует считать наиболее плодотворной для изучения характерных особенностей методов и возможности их применения в реальных ситуациях оценки результативности научной деятельности в области химической и биологической безопасности. При этом методы делятся на два класса: методы оценки предложений научных исследований и методы определения средств достижения целей обеспечения химической и биологической безопасности. Характерным для методов оценки предложений является то, что в каждом из них проекты НИР считаются заданными, и метод используется для выделения наилучших проектов НИР из общего их числа. В

методах определения средств достижения целей результативность отдельного проекта НИР оценивается по его сравнительной важности по отношению к общей цели, на достижение которой направлен весь комплекс исследований. Оценка начинается с определения этой общей цели, после чего осуществляется переход к полным совокупностям более мелких целей путем построения так называемого «дерева целей». После построения «дерева целей» определяется вся совокупность альтернативных средств достижения целей в виде «дерева вариантов» [15].

### **СПЕЦИФИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Фундаментальные исследования занимают особое место в структуре научной деятельности и имеют ряд характерных особенностей, которые должны учитываться при разработке новых и применении существующих методов оценки результативности. В фундаментальной науке чрезвычайно сложно определить такое важное для оценки понятие как цель исследований. Целью государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности является последовательное снижение до приемлемого уровня риска негативного воздействия опасных химических и биологических факторов на население и окружающую среду. В то же время фундаментальные исследования направлены на изучение общих закономерностей, свойств и явлений, получение новых знаний о природе, человеке и обществе. Таким образом, цели фундаментальных исследований формулируются в самом общем виде. Это объясняется значительно более высоким по сравнению с прикладными исследованиями, уровнем неопределенности относительно результатов и сроков исследований, характерным для фундаментальной науки. И поскольку в настоящее время не разработана единая методика, позволяющая достаточно надежно предсказывать характер конечных результатов на ранних стадиях исследований, понятие цели как конкретного ожидаемого результата неприменимо к задачам оценки результативности чисто фундаментальных исследований. По этой причине отсутствует единый подход к оценке результативности фундаментальных научных исследований. В общем случае, результатом фундаментальных исследований является углубление наших знаний об окружающем мире, а поскольку процесс познания бесконечен, фундаментальные исследования имеют непрерывный характер и, как правило, не могут быть разбиты на отдельные этапы, имеющие четко обозначенные границы в рамках отдельных тем, проектов и программ.

Даже в тех случаях, когда удастся выделить конкретные результаты уже законченных фундаментальных исследований, очень трудно оценить их значимость. Не существует единого универсального критерия оценки фундаментальных достижений, особенно в такой междисциплинарной области как обеспечение химической и биологической безопасности. Влияние

результатов фундаментальных исследований в такой области проявляются неявно и часто по прошествии значительного времени.

Перечисленные черты фундаментальных исследований в области обеспечения химической и биологической безопасности определяют следующие особенности процесса их оценки.

Высокий уровень неопределенности в сроках и результатах исследований затрудняет возможность оценки фундаментальных исследований по ожидаемым результатам. Могут возникнуть определенные трудности, связанные с проведением фундаментальных исследований по созданию новых химических и биологических объектов, снижающих до приемлемого уровня риск негативного воздействия опасных химических и биологических факторов на население и окружающую среду к определенному сроку. Следовательно, цель оценки фундаментальных исследований в области обеспечения химической и биологической безопасности может заключаться лишь в стимулировании развития наиболее перспективных направлений.

Отсутствие единого критерия оценки результатов фундаментальных исследований обуславливает трудности оценки последствий управленческих решений и сравнения различных вариантов распределения ресурсов. Таким образом, оценка результативности фундаментальных исследований в области обеспечения химической и безопасности осуществляется в условиях большей неопределенности, чем в случае прикладных исследований. Фундаментальные научные результаты в области обеспечения химической и биологической безопасности, как правило, достигаются в уже сложившихся коллективах - лабораториях и научных организациях. Каждый такой коллектив проходит сложный путь развития, причем эффективность его работы зависит от совокупности различных факторов [16]. Состав и квалификация участников научных коллективов в значительной степени предопределяют характер возможных результатов. Хотя руководитель коллектива может менять направление работы в пределах определенной области, диапазон изменений довольно ограничен. Иными словами, в данном случае средства определяют набор возможных целей.

В фундаментальной науке не существует объективных показателей, характеризующих состояние и перспективы развития отдельных научных направлений, количественных зависимостей, связывающих важные для планирования характеристики научных исследований. Следовательно, основная часть информации, необходимой для оценки результативности, может быть получена только путем опроса экспертов, т.е. является субъективной. Поэтому результаты применения методов оценки в значительной мере определяются компетенцией выбранных экспертов и способами обработки экспертных оценок.

В существующих работах [17, 18] по программно-целевому планированию НИР довольно часто встречаются упоминания о методах оценки результативности, созданных специально для прикладных НИР, или о широком использовании в этой области существующих методов. Накопленный опыт оценки результативности прикладных исследований дает основания для

некоторых выводов о возможности применения методов оценки и средств достижения целей в рамках прикладных НИР в области обеспечения химической и биологической безопасности.

При применении методов оценки результативности для прикладных исследований очень большое значение придается степени выполнения задач, сформулированных в техническом задании научного проекта. Критерии востребованности и реализуемости при этом, как правило, не рассматриваются. При распределении ресурсов в рамках государственного задания [19] на прикладные исследования заказчик работ ориентируется, главным образом, на количественные показатели потребности в соответствующих услугах и работах, профиль и авторитет организации-исполнителя, а также прошлые научные успехи руководителя исследований. Применение программно-целевых методов сталкивается с определенными трудностями, т.к. в рамках программно-целевого подхода необходимо выявление конкретных целей обеспечения химической и биологической безопасности в терминах результатов, причем путь достижения этих результатов должен быть достаточно ясным для того, чтобы построить дерево целей. Кроме того, программно-целевой подход основан на возможности широкого выбора средств достижения целей. Наиболее распространенными методами распределения средств на прикладные исследования являются методы аналитической иерархии [20]. Идея этих методов состоит в том, что сначала эксперты определяют в количественной форме степень влияния отдельных видов ресурсов на задачи прикладных исследований. Далее аналогичным способом строится матрица «задачи – цели исследования» и в ее клетках также проставляются количественные оценки влияния задачи на достижение целей прикладных исследований. Влияние необходимых ресурсов на достижение целей прикладного НИР определяется путем вычисления собственного вектора построенных матриц. Коэффициенты вклада отдельных ресурсов рассматриваются как показатели, пропорционально которым распределяются средства.

Следует отметить, что матричные методы анализа иерархий основаны на весьма неопределенном в данном случае понятии вклада ресурсов в результаты прикладных исследований. Такой вклад сравнительно нетрудно оценить путем ретроспективного анализа после достижения конечных результатов разработок, но не в момент планирования. В данном случае целесообразно использовать методы оценки сценариев [21], хотя они не всегда позволяют определить соответствие рассматриваемых предложений политике заказчика исследований и оценить влияние ограниченности ресурсов на возможный характер ожидаемых прикладных научных результатов.

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Как показали исследования, проведенные в ходе работ по выполнению федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2014 годы)» в части

Минпромторга России, в наибольшей степени характеру результативности научной деятельности в этой области соответствует метод оценки результативности научных работ по многим критериям. Результативность научной деятельности в области химической и биологической безопасности предлагается оценивать по трем группам критериев: внутренняя результативность, внешняя результативность и структурная результативность.

Внутренняя результативность определяется вероятностью обнаружения принципиально новых закономерностей, потенциальной возможностью для широких обобщений, подготовленностью научного направления к его детальной разработке.

Внешняя результативность определяется по следующим критериям: влияние на развитие других научных направлений, вклад в решение практических задач обеспечения химической и биологической безопасности, возможность быстрого внедрения результатов.

Структурная результативность определяется по таким критериям, как эффективность использования имеющихся ресурсов и потребность в ресурсах.

Результативность научной деятельности предлагается оценивать по каждому из критериев используя вербальные шкалы. Эти оценки затем объединяются на основе решающих правил в общий показатель результативности, в соответствии с величиной которого в дальнейшем возможно провести упорядочение или выбор лучшего варианта. Наиболее существенные с точки зрения методологии особенности процесса оценки результативности научной деятельности в области химической и биологической безопасности состоят в следующем:

- значительная по объему и наиболее важная информация может быть получена лишь путем опроса экспертов, поскольку достаточно сложно адекватно оценить количественными показателями такие качественные аспекты результативности, как: вероятность обнаружения принципиально новых закономерностей; возможность для широких обобщений; подготовленность научного направления к его детальной разработке; влияние на развитие других научных направлений; вклад в решение практических задач обеспечения химической и биологической безопасности; возможность быстрого внедрения результатов;
- оценка осуществляется при значительной неопределенности относительно сроков и результатов фундаментальных исследований, поскольку фундаментальные исследования направлены на понимание основополагающих принципов явлений и наблюдаемых фактов без конкретных применений, а прикладные исследования напротив направлены на получение новых знаний, необходимых для определения средств, с помощью которых может быть удовлетворена конкретная потребность. Для фундаментальных исследований весьма затруднительно определить достоверные количественные зависимости между элементами будущих исследований, особенно между затратами и результатами, и здесь крайне велика неопределенность в сроках и результатах исследований. Для фундаментальных исследований, в отличие от прикладных, характерна

трудность установления однозначных связей между объемом исследований и их результатом. Поэтому в фундаментальных исследованиях, весьма затруднительно планирование в том смысле, как его понимают в прикладных исследованиях, когда в большинстве случаев возможно определить четкие сроки окончания разработки.

Поскольку основная часть информации может быть получена только путем экспертного опроса, особое значение приобретает проблема получения и обработки такой информации. Достоверность информации зависит не только от компетенции эксперта, но также от того, какая информация и в каком виде от него требуется. Опыт практической работы с экспертами и специальные психологические исследования показали [22], что выдача экспертами числовых оценок (в виде баллов, весов и т.д.) качественных факторов связана с большими затруднениями, и достоверность полученной числовой информации может вызывать сомнение. Например, если требуется оценить в баллах вклад в решение практических задач обеспечения химической и биологической безопасности, то представляется весьма рискованным и методологически неверным использование подобных числовых оценок во всевозможных математических преобразованиях. Человек оперирует качественными оценками в порядковых шкалах, т. е. сравнивая два объекта по какому-либо качественному признаку, эксперт может относительно легко в пределах своей компетентности указать, что один из объектов лучше другого по данному критерию, объекты примерно равны или он затрудняется их сравнить. Если же эксперт оценивает объекты по качественному критерию и проставляет для них числовые оценки в баллах, то следует с большой осторожностью делать вывод, что расстояние по шкале данного критерия между двумя объектами, например, вдвое меньше, чем между другими объектами. Вид информации, получаемой от эксперта, должен соответствовать характеру оцениваемых объектов и критериев, по которым эта оценка производится. Это обстоятельство крайне редко учитывается в существующих методах оценки результативности научных исследований. Как правило, при сборе информации используются интервальные шкалы или шкалы отношений. В ряде случаев используются шкалы качественных оценок, но им сразу же ставятся в однозначное соответствие балльные эквиваленты. Затем оценки умножаются на веса, нормируются и т.д. Таким образом, проблеме измерения уделяется весьма малое внимание, хотя в задачах оценки научных исследований она является одной из самых важных. Обычно делаются определенные допущения о научных результатах и формулируются соответствующие количественные зависимости. Возникает как бы объективная и универсальная количественная модель. При этом упускается из виду, что ситуация, в которой осуществляется анализ результативности, часто уникальна. Многие из зависимостей далеко не бесспорны и вместо них с равным основанием могут быть сформулированы другие. Ясное понимание недостатков существующих методов формализации результативности научной деятельности необходимо при построения новых методов, в которых эти недостатки могли бы быть частично или полностью преодолены.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ развития науки убедительно показывает, что в современных условиях коренным образом изменился характер научной деятельности. Процессы, происходящие в науке, тенденции развития отдельных ее областей, факторы, влияющие на эффективность научных исследований, социальное значение научных результатов стали предметом глубокого и всестороннего изучения. Для более глубокого понимания проблем, связанных с развитием научных исследований и разработок в области химической и биологической безопасности изучен опыт оценки результативности, накопленный в области фундаментальных и прикладных исследований. Проведенное исследование позволило выявить, что в настоящее время отсутствует единый подход к оценке результативности научной деятельности в этой области. Показано, что высокий уровень неопределенности в сроках и результатах фундаментальных исследований затрудняет возможность оценки таких исследований по ожидаемым результатам. При применении методов оценки результативности прикладных исследований очень большое значение придается степени выполнения поставленных задач. В тоже время критерии востребованности и реализуемости, как правило, просто не рассматриваются. Предложены новые научно-методические подходы для оценки результативности научной деятельности в области химической и биологической безопасности. Результативность предлагается оценивать по трем группам критериев: внутренняя результативность, внешняя результативность и структурная результативность. Поскольку основная часть информации может быть получена только путем экспертного опроса, выделены проблемы получения и обработки экспертной информации и намечены пути их решения.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-010-00863а.*

## ACKNOWLEDGEMENT

*The work was supported by the grant of Russian Fund for Basic Research (Project No. 18-010-00863a).*

## Список литературы:

1. «Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» (утв. Президентом РФ 01.11.2013 № Пр-2573).
2. Проничкин С.В., Раевская Е.Г., Тихонов И.П. // Химическая безопасность. 2017. Т. 1. № 2. С. 147.
3. <http://www.oecd.org> (дата обращения 01.06.2018).
4. Проничкин С.В., Тихонов И.П. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 37(226). С. 13.
5. Проничкин С.В., Тихонов И.П. // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 3(354). С. 27.
6. Варшавский А.Е. // Общество и экономика. 2017. № 6. С. 5.
7. Лукашов В.Н., Лукашов Н.В., Слепинина А.К. // Инновации. 2016. № 9 (215). С. 55.

8. Миндели Л.Э., Черных С.И. // Проблемы прогнозирования. 2016. № 3 (156). С. 111.
9. Леонов А.В., Пронин А.Ю. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. № 6(351). С. 1004.
10. Demiric M., Audretsch D. // Research Policy. 2017. V. 46 (9). P. 1681.
11. Bryan K., Lemus J. // Journal of Economic Theory. 2017. V. 172. P. 247.
12. Havas A., Weber K. // Technological Forecasting and Social Change. 2017. V. 115. P. 327.
13. Пантелеева К.О. // European Social Science Journal. 2013. No. 10-2 (37). P. 442.
14. Zehavi A., Brenit D. // Research Policy. 2017. V. 46 (1). P. 327.
15. Проничкин С.В., Тихонов И.П., Сахарова Н.А., Роцин А.В. // Химическая безопасность. 2017. Т. 1. № 1. С. 256.
16. Проничкин С.В. // Всероссийская научно-практическая конференция «Совершенствование системы взаимодействия Российского фонда фундаментальных исследований и субъектов Российской Федерации в вопросах проведения региональных и молодежных конкурсов». Сборник докладов. М.: Издательство РФФИ, 2016. С.140.
17. Чичерин Л.П., Щепин В.О. // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. 2014. № 2. С. 154.
18. Гудкова А.А. // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2014. № 1 (12). С. 121.
19. Постановление Правительства РФ от 26.06.2015 № 640 (ред. от 19.07.2018) «О порядке формирования государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) в отношении федеральных государственных учреждений и финансового обеспечения выполнения государственного задания».
20. Saaty T. // Mathematical and Computer Modelling. 2007. V. 46 (7-8). P. 860.
21. Smedt P., Borch K., Fuller T. // Technological Forecasting and Social Change. 2013. V. 80 (3). P. 432.
22. Ларичев О.И. Вербальный анализ решений. М.: Наука, 2006.

## References:

1. Fundamentals of the State Policy in the Field of Ensuring Chemical and Biological Safety of the Russian Federation for the Period up to 2015 and beyond. Approved by the Order of the President of the Russian Federation on 01.11.2013, No. Pr-2573 [in Russian].
2. Pronichkin S.V., Raevskaya E.G., Tikhonov I.P. // Him. bezop. [Electronic Journal of Chemical Safety]. 2017. V. 1. No. 2. P. 147. doi: 10.25514/CHS.2017.2.10989 [in Russian].
3. <http://www.oecd.org> (accessed: 01.06.2018).
4. Pronichkin S.V., Tikhonov I.P. // Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' [National Interests: Priorities and Security]. 2013. No. 37. P. 13 [in Russian].
5. Pronichkin S.V., Tikhonov I.P. // Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika [Economic analysis: theory and practice] 2014. No. 3. P. 27 [in Russian].
6. Varshavskij A.E. // Obshchestvo i ekonomika. [Society and economy]. 2017. No. 6. P. 5. [in Russian].
7. Lukashov V.N., Lukashov N.V., Slepina A.K. // Innovatsii [Innovation] 2016. No. 9. P. 55 [in Russian].
8. Mindeli L.Eh., Chernyh S.I. // Problemy prognozirovaniya [Forecasting problems]. 2016. No. 3. P. 111 [in Russian].
9. Leonov A.V., Pronin A.Yu. // Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' [National Interests: Priorities and Security]. 2017. No. 6. P. 1004 [in Russian].
10. Demiric M., Audretsch D. // Research Policy. 2017. V. 46 (9). P. 1681. doi: 10.1016/j.respol.2017.08.004.
11. Bryan K., Lemus J. // Journal of Economic Theory. 2017. V. 172. P. 247. doi: 10.1016/j.jet.2017.09.005.
12. Havas A., Weber K. // Technological Forecasting and Social Change. 2017. V. 115. P. 327. doi: 10.1016/j.techfore.2016.07.016 363.

13. *Panteleeva K.O.* // European Social Science Journal. 2013. No. 10-2 (37). P. 442.
14. *Zehavi A., Brenit D.* // Research Policy. 2017. V. 46 (1). P. 327. doi: 10.1016/j.respol.2016.11.007.
15. *Pronichkin S.V., Tikhonov I.P., Sakharova N.A., Roshchin A.V.* // Him. bez. [Electronic Journal of Chemical Safety]. 2017. No. 1. P. 256. doi: 10.25514/CHS.2017.1.11449 [in Russian].
16. *Pronichkin S.V.* // Proceedings of All-Russian scientific-practical conference “Improving the system of interaction of the Russian Foundation for Basic Research and the subjects of the Russian Federation in matters of regional and youth competitions”. M.: RFBR, 2016. P. 140 [in Russian].
17. *Chicherin L.P., Shchepin V.O.* // Byulleten' Natsional'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta obshchestvennogo zdorov'ya imeni N.A. Semashko [Bulletin of the National Research Institute of Public Health named after N.A. Semashko]. 2014. No. 2. P. 154 [in Russian].
18. *Gudkova A.A.* // Innovatika i ekspertiza: nauchnye trudy [Innovation and Expertise: Proceedings]. 2014. No. 1. P. 121 [in Russian].
19. On the Procedure for the Formation of a State Task for the Provision of State Services (Performance of Work) in Relation to Federal State Institutions and Financial Support for the Performance of a State Task. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 640 of June 26, 2015 (as amended on 07.19.2018) [in Russian].
20. *Saaty T.* // Mathematical and Computer Modelling. 2007. V. 46 (7-8). P. 860. doi: 10.1016/j.mcm.2007.03.023.
21. *Smedt P., Borch K., Fuller T.* // Technological Forecasting and Social Change. 2013. V. 80 (3). P. 432. doi: 10.1016/j.techfore.2012.10.006.
22. *Larichev O.I.* Verbal analysis of decisions. M.: Nauka, 2006. P. 74 [in Russian].