

Бурый А.С., Макарова А.С. Многокритериальный выбор альтернатив для замещения перфторсоединений в условиях разнородных признаков [Электронный ресурс] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования: Научный интернет-журнал. 2015. – № 6(28). Режим доступа: [http://iea.gostinfo.ru/files/2015\\_06/2015\\_06\\_01.pdf](http://iea.gostinfo.ru/files/2015_06/2015_06_01.pdf)

УДК 519.81

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВ ДЛЯ ЗАМЕЩЕНИЯ ПЕРФТОРСОЕДИНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РАЗНОРОДНЫХ ПРИЗНАКОВ

**Бурый А.С.**, доктор технических наук, Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

**Макарова А.С.**, кандидат технических наук, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева)

*В статье рассматривается подход к многокритериальному выбору вариантов опасных для здоровья человека и окружающей среды химических соединений, основанный на математическом аппарате мультимножеств. Предложенный подход позволяет использовать преимущества многокритериального анализа и одновременно учитывать достоверность данных. Для оценки достоверности данных применен оригинальный метод, основанный на использовании экспертного опроса в задаче подбора альтернатив для перфторсоединений.*

**Ключевые слова:** многокритериальный выбор, мультимножество, принятие решений, нелинейные функции полезности, балльные оценки, слабоструктурированные задачи, безопасность химических веществ.

UDC 519.81

## MULTI-CRITERIA SELECTION OF ALTERNATIVES FOR REPLACING THE PFCS IN A HETEROGENEOUS CHARACTERISTICS

**Buryu A.S.**, doctor of technical sciences, FSUE «STANDARTINFORM»

**Makarova A.S.**, PhD, MUCTR

*The article discusses the approach to multi-criteria choice options hazardous to human health and the environment of chemical compounds based on the mathematical apparatus of multisets. The proposed approach allows you to*

*take advantage of multi-criteria analysis and at the same time take into account the accuracy of the information. To assess the reliability of the data applied an original method based on the use of expert survey in the problem of selection of alternatives to PFCs.*

**Keywords:** multi-criteria selection, multiset, decision-making, non-linear utility function scores, illstructured tasks, safety of chemicals.

Темпы развития современной вычислительной техники создают возможность активного внедрения нового модельно-алгоритмического обеспечения задач принятия решений в условиях многокритериальности и слабоструктурированности исследуемых объектов. Слабая структурированность анализируемых данных объясняется необходимостью одновременного анализа количественных, качественных и смешанных свойств объектов, что имеет место в задачах принятия решений, распознавания образов, разработки систем искусственного интеллекта. Однако, в ряде задач, например, экспертного оценивания, ранжирования, классификации, объекты характеризуются и разнообразием признаков и повторяемостью части из них [1]. Обработка больших потоков информации, компьютерные методы управления объектами различного уровня и назначения, задачи биоинформатики, структурного проектирования, идентификации, оптимизации ресурсов, технологического предвидения [2] требует поиска новых подходов и методов поиска решений.

К основным задачам многокритериального выбора при фиксированном множестве альтернатив с учетом [3] отнесем следующие задачи:

- 1) упорядочения альтернатив по предпочтениям;
- 2) классификации альтернатив;
- 3) выбора альтернатив по критериям оптимальности;
- 4) отбора допустимых альтернатив.

Целью данной работы является анализ возможности применения СППР при поиске альтернативных соединений для химических веществ, представляющих угрозу здоровью человека и окружающей среды. В ряде

случаев решение об использовании одного химического вещества вместо другого может быть принято интуитивно или по неформализованной методике. Однако использование при выборе альтернативных многокритериального анализа, определенного алгоритма и руководящих документов является предпочтительным. Решение, полученное в ходе заранее определенного набора правил, является для заинтересованных лиц более понятным и обоснованным, чем ничем не подкрепленное решение. Процесс принятия решения не одномоментный, а, как правило, по мнению Г. Саймона [4], состоит из трех этапов: поиска информации, выявления возможных альтернатив и выбора лучшей альтернативы.

Сформулируем задачу многокритериального выбора в следующем виде [1,5]. Многопризнаковые альтернативы  $A_1, \dots, A_n$  представим кортежами  $q_i = \langle q_{i1}^{e_1}, \dots, q_{im}^{e_m} \rangle$ ,  $i = \overline{1, n}$  в пространстве  $Q = Q_1 \times \dots \times Q_m$ , где  $Q_s = \{q_s^{e_s}\}$  - шкала (непрерывная или дискретная) для  $s$ -го признака  $e_s = 1, \dots, h_s$ ,  $s = 1, \dots, m$ .

В ходе оценивания любого объекта  $A_i$  группой из  $r$  экспертов представление этого объекта в пространстве  $Q$  задается набором векторов  $\{q_i^{(1)}, \dots, q_i^{(r)}\}$ , причем  $q_i^{(j)} = (q_{i1}^{e_1(j)}, \dots, q_{im}^{e_m(j)})$ ,  $j = \overline{1, r}$ . Для учета количественных и качественных признаков воспользуемся аппаратом мультимножеств [1,6]. Обобщенную шкалу признаков будем представлять последовательностью  $W = \{Q_1, \dots, Q_m\}$ , тогда каждая альтернатива (объект) представляется следующим набором признаков:

$$A_i = \{k_{A_i}(q_1^1) \circ q_1^1, \dots, k_{A_i}(q_1^{h_1}) \circ q_1^{h_1}, \dots, k_{A_i}(q_m^1) \circ q_m^1, \dots, k_{A_i}(q_m^{h_m}) \circ q_m^{h_m}\}.$$

Здесь  $k_{A_i}(q_s^{e_s})$  - показатель кратности признака  $q_s^{e_s} \in Q_s$  при описании альтернативы  $A_i$ , а символ « $\circ$ » обозначает число повторений соответствующего признака.

Выбор шкалы оценок альтернатив является наиболее ответственным этапом задачи принятия решения, требует применения экспертных методов, а сама шкала может быть выражена явно или неявно. При явном задании

элементами шкалы являются лингвистические или числовые оценки. При неявном задании альтернативы ранжируются по степени важности. Для дальнейшего анализа качественные оценки экспертов могут быть оцифрованы [7].

Широкое распространение в многокритериальном анализе, применяемом для оценки химических веществ, получили методы балльных оценок, среди которых можно выделить числовые, графические и методы шкалирования. К преимуществам методов, основанных на многокритериальном анализе, следует отнести последовательность и транспарентность, достигнутые за счет точной и строгой методологии принятия решений. С помощью анализа на чувствительность можно определить влияние приоритетности критериев и предпочтений заинтересованных сторон на результаты анализа. К недостаткам метода стоит отнести сложную техническую составляющую и невозможность создания единого руководства по применению. Сочетание различных подходов на этапах многокритериального анализа альтернатив позволяет получать приемлемые по эффективности результаты выбора альтернатив.

В самом простом случае реализации метода многокритериального анализа оцениваемому химическому веществу присваивается некая балльная оценка в зависимости результатов лабораторных исследований или экспертных оценок. Чаще всего критерии для выбора альтернатив ранжируются по их значимости. Самым простым методом является ранжирование по линейной зависимости с вводом поправочных коэффициентов. Таким образом, низкий балл по не сильно значимому критерию может быть скомпенсирован более высоким баллом по другому критерию, представляющему большую значимость для выбора альтернатив [5, 8].

Процесс подбора альтернатив для опасных химических веществ состоит из следующих основных этапов:

1. Описание нуждающегося в замене опасного для здоровья человека и окружающей среды химического вещества и содержащей это химическое вещество продукции.

2. Поиск альтернативных химических веществ.

3. Оценка найденных альтернатив, при этом исследователь ищет ответ на вопрос:

- может ли выбранное альтернативное химическое вещество эффективно заменить прототип?
- каковы преимущества альтернативного химического вещества перед рассматриваемым химическим веществом?

4. Составление перечня альтернатив.

5. Оценка альтернативных химических веществ в соответствии с выбранным методом [3].

При применении многокритериального анализа для выбора альтернативных химических веществ целью является сопоставление всех возможных преимуществ и опасностей, возникающих при их обращении на протяжении всего их жизненного цикла. Химическое вещество и содержащая это вещество продукция должны оцениваться на протяжении всего его жизненного цикла, поскольку вероятность негативного воздействия на окружающую среду существует на всех его стадиях, начиная от добычи и подготовки сырья, производства, использования и заканчивая утилизацией отходов [9,10]. При этом под оценкой жизненного цикла вещества понимают: сбор информации, сопоставление и оценка входных потоков, выходных потоков, а также возможных воздействий на окружающую среду на всем протяжении жизненного цикла оцениваемого химического вещества и/или содержащей это вещество продукции [10]. Результатом оценки жизненного цикла веществ являются рекомендации [11] по минимизации вредного воздействия оцениваемого химического вещества на окружающую среду.

В настоящее время в мире отсутствует единая, признанная всеми методология выбора альтернатив опасному для окружающей среды и

здоровья человека химическому веществу, хотя работы по созданию отдельных методик постоянно ведутся, например [12], в рамках программ по улучшению состояния окружающей среды.

На основе анализа международного опыта и с учетом преимуществ и недостатков уже существующих методологий в области подбора и оценки альтернатив был предложен подход по подбору альтернативных веществ с учетом национальных интересов и специфики. В основе предложенного подхода лежит метод многокритериального анализа.

Предложенный метод применим при работе с большой группой веществ, при необходимости оценки малоизученных веществ и может использоваться в тех случаях, когда достоверность информации вызывает сомнения или когда информация носит качественный характер [13]. В методике учтены три группы критериев: токсикологические свойства оцениваемого вещества, оценка воздействия вещества на окружающую среду, достоверность информационных источников. Метод состоит из 6 этапов:

**1 этап.** Поиск веществ, которые могут использоваться в качестве заменителя для вещества, предоставляющего недопустимую опасность для человека и окружающей среды. Составление списка возможных заменителей.

**2 этап.** Для всех веществ из составленного списка возможных заменителей поиск данных по возможному воздействию веществ на человека и окружающую среду.

**3 этап.** Ранжирование всех найденных сведений для веществ из списка возможных заменителей по степени их достоверности.

**4 этап.** Присвоение в соответствии с разработанным алгоритмом каждому веществу балльной оценки, зависящей от степени его опасности для здоровья человека и окружающей среды и степени достоверности данных, имеющихся для анализируемого вещества. При этом ряд веществ, например, стойкие органические загрязнители; вещества, оказывающие мутагенный эффект в эксперименте Эймса; вещества, влияющие на репродуктивную

функцию организма при изучении нулевого, первого и трех поколений - должны быть исключены из перечня возможных веществ-заменителей. Результатом данного этапа является уточненный список возможных заменителей дополненным балльной оценкой для каждого из предлагаемых заменителей.

**5 этап.** Ранжирование альтернатив. Выбор одной или нескольких наиболее предпочтительных альтернатив с наибольшим количеством баллов ( $A_{max}$ ).

**6 этап (вспомогательный).**

Этот этап проводится в случае выбора нескольких предпочтительных альтернативных веществ, которые оцениваются по дополнительным критериям (цены, времени хранения и др.)

На Рис.1 представлена блок-схема разработанного метода.

Одним из значимых при оценке альтернатив параметров является достоверность имеющихся для оцениваемого химического вещества данных, в соответствии с указаниями Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), в процессе определения качества имеющихся данных следует учитывать три аспекта – адекватность, надежность и релевантность доступной информации для описания альтернативных элементов [15].

Требуется знать хотя бы минимальное количество информации о надежности данного исследования, прежде чем переходить к определению его релевантности и адекватности в целях оценки и разработки точного описания исследования. Таким образом, надежность данных является основным исходным предметом рассмотрения, необходимым для того, чтобы отсеять ненадежные исследования. Оценка надежности и достоверности информации выше в том случае, когда есть данные о применяемых методиках анализа результатов проводимых экспериментов [16].

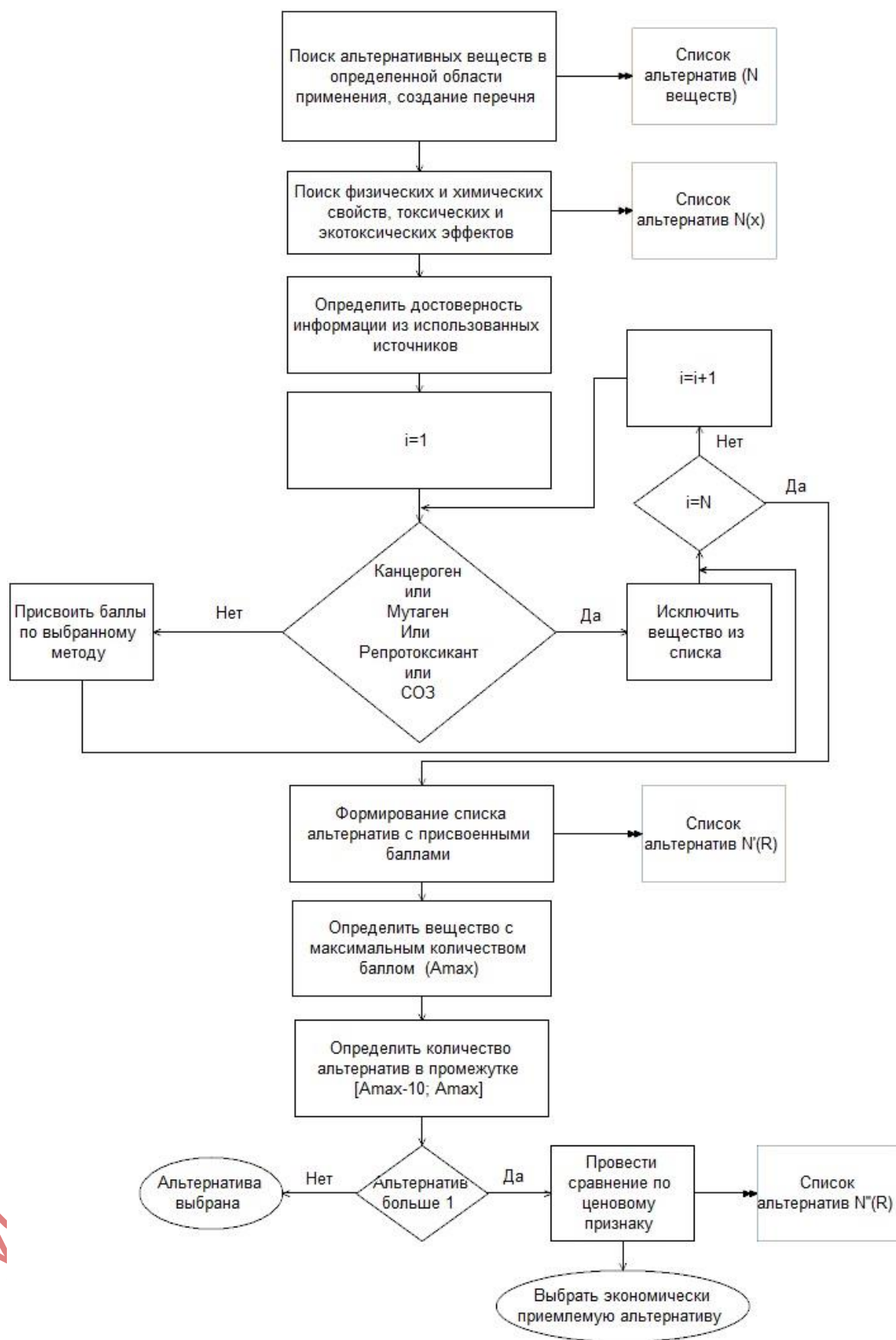


Рис.1. Блок-схема метода по оценке альтернативных веществ



При разработке метода в качестве образца был использован системный подход к оценке качества экспериментальных токсикологических и экотоксикологических данных, разработанный Н.-Ж. Klimisch и др. Данный подход основан на ранжировании информации из источников по надежности представленной информации, её актуальности и воспроизводимости [16], где предложены следующие категории надежности (см. таблицу 1):

Таблица 1.

## Категории надежности

Код	Категория
1	Надежно без ограничений
2	Надежно с ограничениями
3	Не надежно
4	Не может быть использовано

Подход является полезным инструментом для организации исследований по достоверности полученной информации и носит характер предварительного оценивания данных для их дальнейшего использования на этапах принятия решений по выбору альтернатив.

Однако непосредственное использование Klimisch-кода в рамках предложенного подхода представлялось нецелесообразным, так как обработка каждого эксперимента по всем известным источникам информации является чрезвычайно трудоёмкой. Поэтому было принято решение разработать облегченный системный подход к оценке качества данных.

Для выявления приоритетных источников информации был проведен экспертный опрос посредством анкетирования, благодаря которому была оценена квалификация специалистов по стажу работы в отрасли. В рамках проведенного опроса объектом оценки стали 49 источников информации, которым в ходе обработки опроса были присвоены классы достоверности

(класс «В», класс «С», класс «Н»). Класс «В» - представляет достоверную информацию, если сведения по исследуемому веществу в данном классе отсутствуют, то ведется поиск внутри класса «С». В том случае, если среди источников сведений «С»-класса не найдена необходимая информация, то такая может быть взята из источников класса «Н».

Ответам экспертов была присвоена бальная оценка; каждый ответ был оценен следующим образом:

$$A = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ при ответе эксперта "нет";} \\ 0,5 - \text{ при ответе эксперта "трудно сказать";} \\ 1, \text{ при ответе эксперта "да"} \end{array} \right\}.$$

Тогда процент набранных голосов для каждой из выбранных источников информации можно посчитать по формуле:

$$\frac{\sum_{i=1}^k A_i}{k} \times 100\%, \quad (1)$$

где  $k$  - количество экспертов.

Если источник информации набирал от 70 до 100% голосов, то он был отнесен к источникам сведений с высокой степенью достоверности (класс «В»); если источник информации набирал от 30 до 69% голосов, то он был отнесен к источникам сведений со средней степенью достоверности (класс «С»); если источник информации набирал от 0 до 29% голосов, то он был отнесен к источникам сведений с низкой степенью достоверности (класс «Н»).

Из 49 представленных источников: 19 баз данных были причислены к источникам с высокой степенью достоверности, в этот список попали следующие широко известные базы данных: «АРИПС «Опасные вещества», «EnviChem», «IUCLID», «OECD», «ESIS», «HSDB» и «ExPub»; 13 – к источникам со средней степенью достоверности, в данный перечень попали такие источники как «Controls for approved hazardous substances», «HPVIS», «ICSC», «OSHA», «CCR»; 17 – к источникам с низкой степенью

достоверности, в данный список были занесены базы данных «J-CHECK», «JECDB», «MSDS базы данных» и другие.

Разработанная методология основана на 100 балльной оценке, распределенной на токсические и экотоксикологические эффекты, а каждому классу достоверности присвоены значения весовых коэффициентов:  $\lambda_{\text{высокий класс}}=6$ ,  $\lambda_{\text{средний класс}}=4$ ,  $\lambda_{\text{низкий класс}}=2$ ,  $\lambda_{\text{нет данных}}=0$ . При заполнении балльной таблицы каждая из присвоенных отметок должна быть умножена на весовой коэффициент, определенный классом достоверности источника, из которого была взята информация:

$$I = \sum_{i=1}^{\lambda} \lambda \times B_i, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – весовой коэффициент присвоенного класса достоверности,  $B_i$  – балл, начисленный за  $i$ -тый эффект.

Для того, чтобы избежать разночтения информации об одном и том же химическом веществе в разных странах, ООН были разработаны Рекомендации «Согласованная на глобальном уровне система классификации и маркировки химической продукции» (СГС) [17], целью которой является унификация критериев опасности веществ, используемых в разных странах, а также систем маркировки и сообщений об опасности. В рамках предложенного подхода было принято решение проводить оценку химических веществ на предмет их опасности для здоровья человека и окружающей среды в соответствии с опасностями, указанными в Рекомендациях ООН, которые в Российской Федерации прописаны в стандарте ГОСТ 32419-2013 [18].

В таблице 2 приведена система присваивания баллов за каждый из перечисленных эффектов, оказываемых исследуемым веществом.

Таблица 2.

Система присвоения баллов альтернативному веществу в зависимости от присвоенных классов опасности

Эффект	Присвоенный класс	Количество начисляемых баллов (B <sub>i</sub> )		
<b>Токсикологические аспекты</b>				
Канцероген, Мутаген Репротоксикант	1	Выбывает		
	2 (+ воздействие через лактацию)	1		
	Не классифицируется	3		
		при вдыхании	при кожном поступлении	при пероральном поступлении
Острая токсичность	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	1	0,25	0,5
	4	2	0,75	1
	5	3	1	2,5
	Не классифицируется	4	2	4
Раздражение кожи	1	0		
	2	0,5		
	3	1,5		
	Не классифицируется	4		
Раздражение глаз	1	0		
	2A	0,5		
	2B	1,5		
	Не классифицируется	4		
Респираторная или кожная сенсibilизация	1	0,5		
	1A/B	1		
	Не классифицируется	2,5		
		при однократном воздействии	при многократном воздействии	
Органы-мишени	1	0	0	
	2	0,5	1	
	3	1	-	
	Не классифицируется	1,5	2	
<b>Экотоксикологические аспекты</b>				
		при краткосрочном воздействии	при долгосрочном воздействии	
Опасность для водной среды	1	0	0	
	2	1	1	
	3	4	2	
	4	-	7	
	Не классифицируется	10	15	

При балльном оценивании альтернативных химических веществ больше баллов набирает вещество, которое больше подходит в качестве заменителя.

Предложенная методология была апробирована для решения задачи поиска альтернатив для перфторсоединений, которые могут оказать значительной негативное влияние на окружающую среду и здоровье

человека. Причиной пристального отношения к данной группе соединений послужил тот факт, что некоторые перфторсоединения (ПФС) были признаны токсичными, а также потенциально способными к биоаккумуляции (накоплению веществ (техногенных загрязнителей) в организме). В мае 2009 году ряд ПФС (перфтороктановая сульфоновая кислота, ее соли и перфтороктановый сульфонилфторид) были включены в часть I приложения В Стокгольмской конвенции [19] (в данное приложение включаются вещества ограниченные к применению, во всех случаях, кроме оговоренных позиций). В ходе работы был составлен перечень, состоящий из 270 перфторированных соединений. Результаты оценки имеющейся информации по ПФС, с учетом, установленной на основе экспертного опроса, достоверности имеющихся источников, представлены на рисунке 2. При этом необходимо отметить, что имеющаяся информация по воздействию на человека (острые токсические эффекты, раздражающее действие, канцерогенное и мутагенное действия) в основном присутствует (хотя и по ограниченному количеству веществ) в источниках с высокой степенью достоверности. В то время как информация о воздействии ПФС на окружающую среду в основном находится в источниках, которые отнесены экспертами к источникам с низкой или средней степенью достоверности.

Изложенный выше метод по оценке альтернатив был апробирован для подбора альтернатив для перфтороктансульфоновой кислоты (ПФОС) [20]. ПФОС считается наиболее опасным веществом из класса ПФС. Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях на шестом совещании, проведенном в Женеве, был предложен ряд веществ-заменителей для ПФОС.



Рис. 2. Доступная информация в группе перфторированных соединений по различным видам воздействия с учетом степени достоверности источников.

С помощью метода удалось выявить ряд альтернатив в каждой из областей применения, однако для принятия итогового решения была проведена сравнительная оценка по вспомогательному критерию – цены за одинаковый объем продукции. Экономическая оценка не была включена в модули метода по причине того, что метод ориентирован на подбор более безопасных альтернатив, т.е. основными его блоками являются токсические и экотоксикологические эффекты. Но, как показала практика, без экономического критерия обойтись невозможно, поэтому он был введен как вспомогательный параметр.

Дальнейшее развитие метода возможно с помощью интеграции методов, изложенных в [21].

В перспективе, полученные результаты могут быть интегрированы в информационные системы, формируемые на базе единой информационной

системы по техническому регулированию (ЕИС ТР) и обобщающие наилучшие практики в области подбора безопасных альтернатив различных химических веществ [22-32].

### Список использованных источников и литературы

1. Петровский А.Б. Основные понятия теории множеств. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 80 с.
2. Бурый А.С. Картирование технологий как метод в форсайт исследованиях // Транспортное дело России. 2014. – № 5. – С. 155-157.
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
4. Simon H.A. The New Science of Management Decision. N. Y.: Harper and Row Publishers, 1960. – 224 с.
5. Петровский А.Б., Ройзензон Г.В. Групповой многокритериальный выбор вычислительных кластеров // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. №4. – С. 23-29.
6. Хачумов М.В. Модели представления и кластеризации слабоструктуризированной информации // Искусственный интеллект и принятие решений. 2013. – № 4. – С. 62–71.
7. Бескровный И.М. Анализ альтернатив и выбор диагностических гипотез. Ч.II. Модели выбора альтернатив при множественности и неопределенности критериев // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 2. – С. 33 - 40.
8. Kuczenski B., Geyer R. Safer product alternatives analysis: methods, models, and tools// Report to the Department of Toxic Substances, Donald Bren School of Environmental Science and Management, Santa Barbara, CA. 2011. – 103 p.
9. Притужалова О.А. Экологическая оценка жизненного цикла продукции. Сравнительный экобаланс упаковки из комбинированных материалов в Федеративной республике Германия и Российской Федерации//Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Тюмень: ГОУВПО Тюменский Государственный Университет, 2007.
10. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура: ГОСТ Р ИСО 14040-2010. – М.: Стандартиформ, 2010. – 17 с.
11. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация жизненного цикла: ГОСТ Р ИСО 14043-2001. – Введ. 27.11.2001. – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 2001. – 19 с.
12. The substitution principle // Technical Report 8/07. Swedish Chemicals Agency (KEMI). – Stockholm, 2007. – 42 p.

13. Бурый А.С., Полоус А.И. Качество информации в организационно-технических системах // Транспортное дело России. 2012. – № 6-2. – С. 82-87.
14. Информационный ресурс «EPA United States Environmental Protection Agency». Код доступа: <http://www.epa.gov/dfe/pubs/tools/ctsa/index.htm>.
15. Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека. Код доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200115595>
16. Klimisch H-J., Andreae M., Tillmann U. A Systematic Approach for Evaluating the Quality of Experimental Toxicological and Ecotoxicological Data// Regulatory toxicology and pharmacology. 1997. №25. – P.1-5.
17. Рекомендации ООН ST/SG/AC.10/30/Rev.5. Согласованная на глобальном уровне система классификации и маркировки химической продукции (СГС). Пятое пересмотренное издание: Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк и Женева, 2013. - 638 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.unesc.org/ru/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev05/05files\\_r.html](http://www.unesc.org/ru/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev05/05files_r.html) (дата обращения: 18.09.2015)
18. Классификация опасности химической продукции. Общие требования: ГОСТ 32419-2013. – М.: Стандартинформ, 2013. – 62 с.
19. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях (заключена в г. Стокгольме 22.05.2001). // Собрание законодательства РФ. 13.02.2012. № 7. С. 785. // Бюллетень международных договоров, 2012, № 12.
20. Макарова А.С., Кобачевская А.А. Уменьшение или исключение использования и образования вредных веществ на примере перфторсоединений // Материалы III Международной конференции по химии и химической технологии. – Ереван. 2013. – С. 580-582.
21. Korovaitsev A.A., Lomakin M.I., Dokukin A.V. Evaluation of metrological reliability of measuring instruments under the conditions of incomplete data // Measurement Techniques. 2014. Т. 56. № 10.
22. Докукин А.В. Необходимость гармонизации интересов производителей и потребителей в техническом регулировании // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2011. № 3 (3).
23. Докукин А.В., Борцова Д.Э. Информационное обеспечение взаимодействия государства и потребителей в процессе контроля качества и безопасности продукции // Транспортное дело России. 2013. № 1.
24. Дорофеев С.М., Канищев П.Ю., Докукин А.В., Афанасьев И.А. Формирование единой инфраструктуры доступа к системе знания в области потребительских аспектов технического регулирования. Препринт. – М.: Московский печатник, 2012.
25. Ломакин М.И., Докукин А.В., Коровайцев А.А. Разработка стратегии повышения качества информационных услуг в системе информационного обеспечения технического регулирования // Транспортное дело России. 2012. № 6-2.



26. Галкин В.Е., Докукин А.В., Ломакин М.И. Клиентоориентированные взаимодействия при распространении стандартов в рамках единой информационной системы по техническому регулированию // Транспортное дело России. 2011. № 7.
27. Галкин В.Е., Докукин А.В., Ломакин М.И. Стратегия развития национальной системы информационного обеспечения технического регулирования // Стандарты и качество. 2009. № 1.
28. Алякин А.А., Докукин А.В., Перепелкин И.Б. Совершенствование единой информационной системы по техническому регулированию как клиентоориентированной структуры // Транспортное дело России. 2009. № 3.
29. Докукин А.В., Балванович А.В. Совершенствование клиентских взаимодействий при распространении стандартов в рамках единой информационной системы по техническому регулированию // Транспортное дело России. 2009. № 1.
30. Ломакин М.И., Докукин А.В. Функции единой информационной системы по техническому регулированию в рамках концепции электронного государства // Перспективы науки. 2011. № 27.
31. Галкин В.Е., Докукин А.В., Ломакин М.И. Выбор стратегии развития системы информационного обеспечения технического регулирования // Стандарты и качество. 2008. № 3.
32. Докукин А.В. Экономические основы развития информационного обеспечения технического регулирования. Монография / Докукин А.В. Москва, 2007.

© Бурый А.С.  
© Макарова А.С.