

# МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНО-АКТУАТОРНОЙ СЕТИ

*Безрук В.М., Власова В.А., Скорик Ю.В.*

## **Введение**

За последние годы активное развитие беспроводных сенсорно-актуаторных сетей (БСАС) привело к появлению большого числа протоколов, алгоритмов и даже спецификаций, которые направлены на решение разного рода задач. Это и задачи эффективного сбора информации, и задачи поиска местоположения элементов сети, и задачи маршрутизации, о которой пойдет речь в данной статье, и многие другие. Такое многообразие протоколов повысило актуальность методов, с помощью которых можно выбрать из них наиболее эффективные для конкретного решения. Одним из таких методов является метод анализа иерархий [1, 2].

БСАС эффективно используются для решения прикладных задач распределенного сбора информации о контролируемом параметре в сетях мониторинга и контроля. Такие сети обычно гомогенные, самоорганизующиеся, одноранговые, с ячеистой топологией, узлы имеют автономный источник питания и способны к ретрансляции информации. Автономный источник питания в виде батареи накладывает жесткие ограничения по энергоэффективности на все алгоритмы, применяемые в сенсорных сетях. Поэтому для БСАС актуальны следующие решения задач маршрутизации [3, 4]:

1. Задача поиска оптимальных маршрутов. При чем оптимальным считается маршрут доставки информации от отправителя до получателя, у которого суммарные затраты ресурсов (например, заряд батареи) входящих в него узлов минимальны.

2. Задача маршрутизации с обеспечением максимального времени жизни сети. Под временем жизни понимается срок эксплуатации сети до выхода из строя некоторого количества узлов из-за истощения заряда батарей, когда связность сети будет нарушена и информация не сможет достигнуть базовой станции (БС).

Исходя из этих двух критериев в статье рассмотрено применение метода анализа иерархий и метода экспертного оценивания для выбора протоколов маршрутизации для полевой БСАС с известным положением элементов сети.

## **Анализ алгоритмов маршрутизации и выбора предпочтительного варианта среди них. Обзор протоколов маршрутизации в БСАС**

Высоким спросом для приложений БСАС используются 3 вида алгоритмов:

- Централизованные алгоритмы: основаны на том, что один узел обладает знаниями о всей сети. Эти алгоритмы используются крайне редко из-за значительных энергозатрат на передачу «главному узлу» информации о состоянии всей сети.

- Распределенные алгоритмы: в отличие от предыдущего алгоритма, связь поддерживается за счет обмена информацией между узлами.

- Алгоритмы, основанные на местоположении: узлы используют информацию об ограниченной области вокруг них и используют эту информацию для локальной маршрутизации.

Парадигма алгоритма маршрутизации является важным фактором для выбора протокола маршрутизации для использования в конкретной сети. Если использовать алгоритмы, предназначенные для работы с ограниченной областью, то необходимо оптимизировать связи между соседними узлами. С другой стороны, для централизованных алгоритмов множество сообщений, передаваемых только на центральный узел, является преимуществом. Использование распределенных алгоритмов требует надежной и эффективной связи между любыми парами узлов. В свою очередь, алгоритмы на основе местоположения, эффективность которых обеспечивается знанием географических координат, например, с помощью GPS, делают решение более дорогим.

*Sensor Protocols for Information via Negotiation (SPIN)* [12]. Протоколы SPIN основаны на двух ключевых механизмах: на согласовании и адаптации ресурса. SPIN позволяет сенсорам производить согласование друг с другом перед любым распространением данных в сети, во избежание введения бесполезной и избыточной информации в сеть. SPIN использует метаданные, как описание данных, которые сенсоры распространяют. Понятие метаданных предотвращает возникновение наложения для данного сенсора.

*Directed Diffusion* [10] – протокол имеет несколько основных компонентов: именование данных, интересы и градиенты, распространение данных и укрепление. Процесс передачи данных в таком протоколе описывается как направленная диффузия. В начале направленной диффузии приемник определяет низкую скорость передачи данных для всех поступающих событий. После этого приемник может "укрепить" один определенный сенсор, позволив ему увеличить скорость, отправляя "сообщение-интерес" приемнику. Аналогично, если соседний сенсор получит это "сообщение-интерес" и найдет, что у "интереса" отправителя есть более высокая скорость передачи данных чем прежде, и эта скорость передачи данных выше чем тот у любого существующего градиента, то это "укрепит" один или более его сенсоров-соседей.

*Rumor Routing* [11]. Ключевым механизмом протокола является агент-пакет с большим временем жизни, который пересекает сеть и сообщает каждому сенсору о событиях, которые он встретил на своем пути во время пересечения сети. Агент будет путешествовать по сети до определенного числа *hop*'ов (скачков, шагов ретрансляции) и затем прекратит свою жизнь. Каждый сенсор, включая агента, содержит список событий, в котором приведены пары событие-расстояние, где расстояние обозначает фактическое расстояние, выраженное в количестве *hop*'ов к соответствующему событию от сенсора, который он посетил. Когда агент встречается с сенсорами на своем

пути, то он синхронизирует список событий в каждом сенсоре, так, чтобы в них были кратчайшие пути к событиям, происходящим в сети.

*Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH)* [5]. В алгоритме LEACH роль главы кластера периодически выполняют разные узлы сети для равномерного использования энергии. Преимущество LEACH в использовании циклов. В каждом цикле заново выбирается глава кластера из числа узлов, которые не были главами кластеров, и для обеспечения процента глав кластеров относительно общего числа узлов сети. Затем глава кластера рассылает расписание для доступа с временным разделением (TDMA) внутри кластера. Это позволяет узлам включать передачу только тогда, когда глава кластера свободен. Также глава кластера отвечает за агрегацию данных, полученных от узлов своего кластера, для устранения избыточности.

*Threshold Sensitive Energy Efficient Sensor Network Protocol (TEEN)* [6] в отличие от иерархических протоколов используется для реактивных сетей, которые немедленно реагируют на изменение различных параметров. В этом протоколе глава кластера рассылает пороговые значения (*hard* и *soft*), при достижении которых узел передает информацию. Если параметр из набора атрибутов достигает жесткого порогового значения, узел включает передатчик и передает данные. Затем другие узлы передают данные в соответствующем временном промежутке при выполнении следующих условий: текущее значение атрибутов больше *hard* порога и текущее значение атрибута отличается от заданного значения на величину, равную или большую, чем *soft* порог. Обе стратегии направлены на уменьшении затрат энергии на передачу сообщений.

Основным недостатком этого алгоритма является то, что если контролируемое значение не достигнет порогового уровня, то узлы не будут связываться между собой, пользователь не получит никакой информации и не будет осведомлен о работоспособности сети. Таким образом, данный алгоритм не применим для приложений, где передача информации должна быть регулярна.

*Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems (PEGASIS)* [7] считается улучшением алгоритма LEACH. Вместо распределения узлов в кластеры он предусматривает формирование цепочек сенсорных узлов. На основе этой структуры каждый узел передает и принимает информацию только от одного ближайшего соседнего узла. Это позволяет регулировать мощность передачи. Узел выполняет агрегацию данных, пересылает их по цепочке до базовой станции. В каждом цикле только один узел из цепочки взаимодействует с базовой станцией. Цепочка строится с максимальной эффективностью по энергозатратам.

*Self-Organizing Protocol (SOP)*[10] протокол маршрутизации и самоорганизации используется в гетерогенных сенсорных сетях с поддержкой как стационарных, так и мобильных узлов. Оконечные датчики, которые собирают информацию об атрибутах окружающей среды передают данные определенному числу узлов, которые выполняют роль маршрутизаторов. Они являются стационарными и образуют основную сеть коммуникации.

Собранные данные передаются маршрутизаторами на более мощные базовые станции. Каждый конечный узел должен иметь возможность связаться хотя бы с одним маршрутизатором, чтобы быть частью данной сенсорной сети. Конечные узлы могут быть идентифицированы посредством адреса маршрутизатора, которому они передают информацию. Таким образом, формируется иерархическая архитектура, где группы узлов формируются и объединяются по необходимости.

*Geographic Adaptive Fidelity (GAF)* [8] – энергосберегающий протокол. В основе протокола лежит принцип проецирования на виртуальную решетку местоположений сенсорных узлов, получаемых с помощью GPS или других систем позиционирования. Такое представление позволяет оценить стоимость маршрутизации пакета до целевого узла, где стоимость выражается в энергозатратах на передачу пакета в соответствии с энергетической моделью. Чем дальше располагается квадрант узла-адресата, тем стоимость выше. Причем, узлы, размещенные в одном и том же квадранте, будут равны по стоимости маршрутизации пакета до них.

*Geographic and Energy - Aware Routing (GEAR)* [9] алгоритм маршрутизации основан на знании каждым узлом своего местоположения узлов с помощью GPS (или другим систем) и эвристическом выборе из множества соседних узлов маршрута для передачи. GEAR использует рекурсивный алгоритм географической эстафетной передачи для распространения пакета внутри сенсорного поля.

*Sequential Assignment Routing (SAR)* [13] один из первых протоколов маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях, который обеспечивает понятие Quality Of Service (QoS – качество услуг) критериев маршрутизации. Он базируется на выставлении атрибутов уровня приоритета каждого пакета. Кроме того, связи и маршруты имеют метрику, характеризующую их возможность обеспечить качество обслуживания. Эта метрика определяется задержками и энергозатратами. На основе алгоритма создается дерево маршрутов с корнем в одном hop'е от базовой станции. Для этого учитываются несколько параметров, таких как приоритет пакетов, энергетические ресурсы, показатели QoS. Также протокол периодически актуализирует маршруты, чтобы реагировать на выход из строя одного из активных узлов.

Другим протоколом, основанном на качестве услуг является *SPEED* [14]. Для его работы требуется, чтобы каждый узел сохранял информацию о своих соседях и использовал данные о их географическом положении для поиска путей. Кроме того, протокол стремится обеспечить определенную скорость доставки каждого пакета. Таким образом, можно заранее оценить задержку прохождения пакета от отправителя к получателю, разделив расстояние на скорость пакета. Также SPEED позволяет находить обходные маршруты в случае перегрузок сети. Модуль маршрутизации в протоколе SPEED называется *Stateless Geographic Non-Deterministic Forwarding (SNFG)* и работает с четырьмя другими модулями на сетевом уровне. Оценка задержки на каждом узле основывается на определении времени, которое прошло после запроса подтверждения получения переданного пакета данных. Исходя из

значения задержки SNFG выбирает узел, который отвечает требованиям по скорости обработки. Если такового нет, рассматриваются соседние узлы.

В табл. 1 представлены характеристики выборки протоколов маршрутизации.

Таблица 1

*Обобщенные характеристики рассмотренных протоколов маршрутизации*

| №   | Протоколы маршрутизации | Мобильность      | Потребляемая мощность | Согласованность | Агрегация данных | Локализация | QoS | Сложность структуры   | Масштабируемость | Множественность путей |
|-----|-------------------------|------------------|-----------------------|-----------------|------------------|-------------|-----|-----------------------|------------------|-----------------------|
| N1  | SPIN                    | Возможна         | Ограничена            | Да              | Да               | Нет         | Нет | Низкая                | Ограничена       | Да                    |
| N2  | Directed Diffusion      | Ограничена       | Ограничена            | Да              | Да               | Нет         | Нет | Низкая                | Ограничена       | Да                    |
| N3  | Rumor Routing           | Очень ограничена | Не определена         | Нет             | Да               | Нет         | Нет | Низкая                | Хорошая          | Нет                   |
| N4  | LEACH                   | Фиксированные БС | Максимальна           | Нет             | Да               | Да          | Нет | Главные узлы кластера | Хорошая          | Нет                   |
| N5  | TEEN                    | Фиксированные БС | Минимальна            | Нет             | Да               | Нет         | Нет | Главные узлы кластера | Хорошая          | Нет                   |
| N6  | PEGASIS                 | Фиксированные БС | Максимальна           | Нет             | Нет              | Да          | Нет | Низкая                | Хорошая          | Нет                   |
| N7  | SOP                     | Нет              | Не определена         | Нет             | Нет              | Нет         | Нет | Низкая                | Низкая           | Нет                   |
| N8  | GAF                     | Ограничена       | Ограничена            | Нет             | Нет              | Да          | Нет | Низкая                | Хорошая          | Нет                   |
| N9  | GEAR                    | Ограничена       | Ограничена            | Нет             | Нет              | Да          | Нет | Низкая                | Ограничена       | Нет                   |
| N10 | SAR                     | Нет              | Не определена         | Да              | Да               | Нет         | Да  | Средняя               | Ограничена       | Нет                   |
| N11 | SPEED                   | Нет              | Не определена         | Нет             | Нет              | Да          | Да  | Средняя               | Ограничена       | Да                    |

**Метод анализа иерархий и метод экспертного оценивания для выбора предпочтительного варианта протокола маршрутизации БСАС**

Метод анализа иерархий (МАИ) состоит в декомпозиции проблемы выбора единственного проектного варианта некоторой системы на простые составляющие части и получении суждений экспертов по парным сравнениям различных элементов проблемы выбора [1,2]. В результате обработки полученных численных данных суждений экспертов согласно определенной математической процедуры получают компоненты глобального вектора приоритетов, которые характеризуют приоритетность выбора вариантов проектируемой системы и определяют выбор единственного проектного варианта системы из заданного множества вариантов. Принцип декомпозиции предусматривает структурирование проблемы выбора в виде иерархии уровней, что является первым этапом применения МАИ. Принцип сравнительных суждений экспертов в МАИ состоит в том, что объекты проблемы выбора сравниваются экспертами попарно по важности. Попарно сравниваются важности разных вариантов систем (на уровне 3) и разных показателей качества (на уровне 2). Результаты парных сравнений элементов приводятся к матричной форме.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} \dots a_{1j} \dots a_{1n} \\ a_{21} \dots a_{2j} \dots a_{2n} \\ \dots \dots a_{ij} \dots \dots \\ a_{n1} \dots a_{nj} \dots a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $a_{ij}$  – оценки парных сравнений элементов.

Диагональ этой матрицы заполнена значениями "1", а элементы матрицы, лежащие ниже диагонали, заполнены обратными значениями.

Оценки парных сравнений элементов  $a_{ij}$  находятся с использованием субъективных суждений экспертов, численно определяемых по шкале относительной важности элементов [1,2].

Далее выполняется некоторая обработка матриц парных сравнений элементов иерархий на уровнях 2 и 3. С математической точки зрения эти задачи обработки сводятся к вычислению главного собственного вектора, который после определенной нормировки становится вектором приоритетов элементов на соответствующем уровне иерархии.

Для вычисления вектора глобальных приоритетов сравниваемых вариантов системы выполняется обработка матриц парных сравнений альтернатив. Вычисляются компоненты главного собственного вектора  $V_j$  матрицы (1) и вектора приоритетов  $P_j$  на каждом уровне иерархии согласно соотношениям

$$P_j = \frac{V_j}{S}, \dots, v_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n a_{ij}}, \dots, S = \sum_{j=1}^n V_j, \quad (2)$$

где  $n$  – число показателей качества,  $N$  - число сравниваемых вариантов систем.

Методы экспертного оценивания – это методы организации работы со специалистами – экспертами и обработки мнений экспертов, выраженных в количественной и/или качественной форме с целью подготовки информации для принятия решений ЛПР. Определить необходимый численный состав экспертной группы очень важно. При недостаточном числе экспертов результаты экспертизы не будут надежными. Многочисленную группу квалифицированных экспертов трудно сформировать и трудно организовать их работу.

Простейший способ получения групповой оценки – вычисление средних баллов

$$x_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad (3)$$

где  $x_{ij}$  – оценка  $i$ -го объекта  $j$ -м экспертом.

В качестве меры согласованности суждений эксперта рассматривают два показателя:

- индекс согласованности ( $I_c$ );

- отношение согласованности ( $OC$ ).

Из теории матриц известно, что согласованность обратно симметричной матрицы парных сравнений в шкале относительной важности эквивалентна требованию равенства ее максимального собственного значения  $\lambda_{\max}$  и числа сравниваемых объектов ( $\lambda_{\max} \geq n$ ). Приближенные значения  $\lambda_{\max}$  для оценки отношения согласованности рассчитывают по следующей формуле

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^i M_i P_j, \quad (4)$$

где  $M_i = \sum_{i=1}^n a_{ij}$  - сумма элементов  $i$ -го столбца матрицы (1);

В качестве меры рассогласования рассматривают нормированное отклонение  $\lambda_{\max}$  от  $m$ , называемое индексом согласованности

$$I_c = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1}. \quad (5)$$

Для того, чтобы оценить, является ли полученное согласование приемлемым или нет, его сравнивают со случайным индексом  $C_{II}$ . Случайным индексом называют индекс согласованности, рассчитанный для квадратной  $n$ -мерной положительной обратно симметричной матрицы, элементы которой сгенерированы случайным образом с помощью датчика случайных чисел, распределенных по равномерному закону для интервала значений от 1 до 15. В табл. 2.2 представлены средние согласованности для случайных матриц порядка от 1 до 15[1].

Таблица 2

Величина случайного индекса

| Размер матрицы, $n$        | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|----------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Случайный индекс, $C_{II}$ | 0 | 0 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,54 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

Получив в результате расчета по формуле (5) индекс согласованности и выбрав из табл. 2 случайный индекс для заданного порядка матрицы, рассчитывают отношение согласованности

$$OC = \frac{I_c}{C_{II}}. \quad (6)$$

Если величина  $OC \leq 0,15$ , то степень согласованности суждений экспертов следует считать приемлемой. В противном случае экспертам рекомендуется пересмотреть свои суждения. Для этого необходимо выявить те позиции в матрице суждений, которые вносят максимальный вклад в величину отношения согласованности, и попытаться изменить меру несогласованности в меньшую сторону.



|     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| N7  | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,0299 |
| N8  | 0,20 | 0,19 | 0,23 | 0,2  | 0,19 | 0,19 | 0,22 | 0,2  | 0,19 | 0,20 | 0,2076 |
| N9  | 0,28 | 0,27 | 0,25 | 0,29 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,2721 |
| N10 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,023  |
| N11 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,0145 |

## Выводы

1. Исследованы особенности применения методов анализа иерархий и экспертного оценивания для многокритериального выбора предпочтительного протокола маршрутизации на основе суждений экспертов о характеристик протоколов маршрутизации беспроводной сенсорно-актуаторной сети. Результатом выбора оказался протокол маршрутизации GEAR, который является эффективным для применения в полевых БСАС с локализацией элементов.

2. Преимуществом многокритериального выбора предпочтительного проектного варианта является отказ от ранее принятого «интуитивного» подхода, когда инженер делал вывод только основываясь на своем опыте и конкретных ограничениях на характеристики БСАС. Использование предложенного метода многокритериального выбора на основе данных от экспертов с дальнейшим применением строгого математического аппарата для их обработки снижает вероятность принятия неверного проектного решения.

3. Метод анализа иерархий и метод экспертного оценивания может быть использован также для выбора предпочтительных вариантов и других средств телекоммуникаций, в частности, телекоммуникационных технологий и аппаратных платформ.

## Литература

1. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill, 1980.
2. Безрук, В.М. Применение метода анализа иерархий при выборе средств телекоммуникаций с учетом совокупности показателей качества [Текст]/ В.М. Безрук, Ю.В. Скорик // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков: ХНУРЭ. – 2013. – С. 24-29.
3. Баскаков С.С. Маршрутизация по виртуальным координатам в беспроводных сенсорных сетях [Текст]: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.13.15/ С.С. Баскаков; [Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана]. – М., 2011. – 18 с.
4. Иваненко В. Анализ протоколов передачи данных от узлов в беспроводных сенсорных сетях / Виктория Иваненко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Т. 2, N 10(50). - С. 9-12. – Режим доступа: DOI: 10.15587/1729-4061.2011.1860.
5. Heinzelman W. Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks [Text]/ W. Heinzelman, J. Kulik, H. Balakrishnan// Proc. 5th ACM/IEEE Mobicom Conference (MobiCom '99), Seattle, WA, 1999. – P. 174-85.
6. Intanagonwiwat C. Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks [Text]/ C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin// Proceedings of ACM MobiCom'00, Boston, MA, 2000.– P. 56-67.
7. Braginsky D. Rumor Routing Algorithm For Sensor Networks [Text]/ D. Braginsky and D. Estrin// International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'01), November 2001.

8. Heinzelman W. Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks [Text]/ W. Heinzelman , A. Chandrakasan, H. Balakrishnan// Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '00), January, 2000.
9. Manjeshwar A. TEEN: a routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks [Text]/ A. Manjeshwar, D.P. Agarwal// 1st International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, April, 2001.
10. Lindsey S. PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems [Text]/ S. Lindsey, C. Raghavendra// IEEE Aerospace Conference Proceedings, 2002.– Vol. 3, 9-16. – P. 1125-1130.
11. Xu Y. Geography-informed Energy Conservation for Ad-hoc Routing [Text]/ Y. Xu, J. Heidemann, D. Estrin// In Proceedings of the Seventh Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking 2001. – P. 70-84.
12. Yu Y. Geographical and Energy-Aware Routing: A Recursive Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks [Text]/ Y. Yu, D. Estrin, R. Govindan// UCLA Computer Science Department Technical Report, UCLA-CSD TR-01-0023, May 2001.
13. Sohrabi K. Protocols for self-organization of a wireless sensor network [Text]/ K. Sohrabi, J. Pottie// IEEE Personal Communications, 2000. – Vol. 7. – №5. – P. 16-27.
14. He T. SPEED: A stateless protocol for real-time communication in sensor networks [Text]/ T. He et al.// Proceedings of International Conference on Distributed Computing Systems, Providence, RI, May 2003.
15. Безрук, В. Выбор оптимальных речевых кодеков методами экспертного оценивания / Валерий Безрук, Юлия Скорик // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 3, N 2(57). - С. 19-24. – Режим доступа: DOI: 10.15587/1729-4061.2012.3973.
16. Безрук В.М., Скорик Ю.В. Выбор оптимальных речевых кодеков методами экспертного оценивания / Ю.В. Скорик, В.М. Безрук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – 3/2 (57). – С. 19 – 24.