



# ВЕСТНИК

## РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Издается с 2001 г.  
Выходит 4 раза в год

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
**АЛЕКСЕЕВ А.С.**Заместитель главного редактора –  
**ГЛАЗКО В.И.**  
**ГОРБАЧЕВ В.В.**Ответственный секретарь –  
**ПОРОТНИКОВА М.В.**

**АЛЕКСЕЕВ В.Н.**  
**АНТОНОВ А.В.**  
**АРЕНС В.Ж.**  
**БАТЛЕР Р.** (США)  
**БОБРОВ А.В.**  
**БУРАК П.И.**  
**ВОЛКОВ Ю.Г.**  
**ГРИВОВ А.А.**  
**ЕПИФАНЦЕВ С.Н.**  
**ЖДАНОВ М.С.** (США)  
**ЗОЛОТАРЕВ В.А.**  
**ИВАНИЦКАЯ А.В.**  
**КАЗАРЯН С.Б.** (США)  
**МАГОМЕДОВ Ш.М.**  
**ПАНИН А.Н.**  
**ПИСЬМЕНСКИЙ Г.И.**  
**САВЕЛЬЕВ В.Н.**  
**СМИРНОВ А.И.**  
**ТЕРЕХИН М.Т.**  
**УТЯМЫШЕВ И.Р.**  
**ХАЧАТРЯН К.Г.** (США)  
**ЧЕНЬ Цзяньпин** (Китай)  
**ЧЕРЕШКИН Д.С.**  
**ЧЖАО ПЕНДА** (Китай)  
**ШАХВЕРДИЕВ А.Х.**  
**ШЕВЧЕНКО Ю.А.**  
**ЯКУШИНА О.А.**  
**ЯННАКОПУЛОС П.** (Греция)

### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель –  
**КУЗНЕЦОВ О.А.**

**ГЕЙХМАН И.А.**  
**КЕРВАЛИШВИЛИ П.Д.** (Грузия)  
**КОЗЛОВСКИЙ Е.А.**  
**МЕЛУА А.И.**  
**НИКИТИН А.Н.**  
**НОВИКОВ В.С.**  
**РАХМАНИН Ю.А.**  
**СТЕПАШИН С.В.**  
**ТЪМИНСКИЙ В.Г.** (ФРГ)  
**ФУРСЕЙ Г.Н.**  
**ЧИЛИНГАР Д.Ж.** (США)

Зав. редакцией –  
**АЛЕКСЕЕВ П.А.**Журнал зарегистрирован в Министерстве  
по делам печати, телерадиовещания и средств  
массовых коммуникаций РФ.  
Рег. свид. ПИ № 77-1178Все права защищены. Никакая часть этого издания  
не может быть воспроизведена в какой-либо форме  
без письменного разрешения издателя.  
Редакция не несет ответственности за содержание  
рекламных материалов.  
© РАЕН 2019 г.

☎ 119002, Москва,  
пер. Сивцев Вражек, 29/16  
тел./факс (495) 954-7305  
Тираж 500 экз.  
Отпечатано в издательстве «Маска»  
Москва, ул. Малая Юшуньская, д. 1, корп. 1

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНОЛОГИИ

СБОР МУСОРА В  
КОНКАТЕНАТИВНЫХ СИСТЕМАХ  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ  
**Р.С. Алиев** ..... 3СОВРЕМЕННЫЕ БЕТОННЫЕ  
СМЕСИ И БЕТОНЫ  
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА  
ОСНОВЕ НАНОЦЕМЕНТОВ  
**М.Я. Бикбау** ..... 7ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ  
КЛАССИФИКАЦИИ НЕФТЯНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
КОМПЛЕКСА  
ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫХ  
ДААННЫХ И МАШИННОГО  
ОБУЧЕНИЯ  
**Д.В. Курганов** ..... 20СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ  
АЛГОРИТМОВ ФОРМАНТНОГО  
АНАЛИЗА ДЛЯ КРИПТОЗАЩИТЫ  
IT-СИСТЕМ  
**А.А. Балабанов,**  
**В.В. Кунев** ..... 25*Научные статьи по итогам  
молодежного конкурса «Техни-  
ческие и инженерные науки» на  
соискание премии имени акаде-  
мика А.И. Берга:*ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА  
КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК  
ЭЛЕКТРОННЫХ СВЧ-ПРИБОРОВ  
ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ  
СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ  
**В.И. Галкин,**  
**П.А. Головкин,**  
**А.В. Волков,**  
**А.В. Крюков** ..... 36ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ  
УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЦЕССА ПРИЕМА И  
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ  
НА НСК  
**Д.С. Семенов,**  
**Е.Г. Самохин,**  
**П.М. Опарин** ..... 42РАЗРАБОТКА  
АКУСТООПТОЭЛЕКТРОННОГО  
ПРИЕМНИКА СВЧ  
ДИАПАЗОНА ДЛЯ СИСТЕМ  
РАДИОЧАСТОТНОГО  
МОНИТОРИНГА  
**А.Г. Бочаров,**  
**К.С. Кашуркин,**  
**Г.А. Шарапов** ..... 47РАСПОЗНАВАНИЕ  
СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ  
СИГНАЛОВ, ОТРАЖЕННЫХ ОТ  
ВРАЩАЮЩИХСЯ ЛОПАСТЕЙ  
КОПТЕРА  
**М.И. Ашряпов** ..... 52АВТОМАТИЗАЦИЯ НАЗЕМНЫХ  
ИСПЫТАНИЙ АППАРАТУРЫ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОГО  
НАБЛЮДЕНИЯ АВИАЦИОННОГО  
БАЗИРОВАНИЯ  
**Р.К. Бурносков,**  
**Т.В. Осипова,**  
**А.И. Фоченков** ..... 57

### НАУКИ О ЗЕМЛЕ

ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ  
ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ  
НА ЛИТОСФЕРУ  
**Е.В. Архипова,**  
**А.Д. Жигалин,**  
**Г.В. Брянцева,**  
**И.С. Гусева** ..... 65

### ПРАВО

СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА  
В ОБЛАСТИ ПАТЕНТНОГО ПРАВА  
**В.Е. Китайский** ..... 73

### ЭКОНОМИКА

ПЯТИЛЕТНЕЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В  
СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ  
РАЗВИТИЕМ РЕГИОНА  
(ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ ИРКУТСКОЙ  
ОБЛАСТИ)  
**С.Г. Левченко** ..... 79ПРОБЛЕМА ОБРАЩЕНИЯ С  
ОТХОДАМИ В ГОРОДСКИХ  
АГЛОМЕРАЦИЯХ:  
ОРГАНИЗАЦИОННО-  
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ  
ПУТИ РЕШЕНИЯ  
**П.И. Бурак,**  
**О.Н. Хомяченко** ..... 85«ПАРТИЦИПАТОРНЫЙ БЮДЖЕТ»  
КАК ОРГАНИЗАЦИОННО-  
ПРАВОВАЯ ФОРМА РЕАЛИЗАЦИИ  
КОНСТИТУЦИОННОГО ПРАВА  
ГРАЖДАН НА УЧАСТИЕ  
В УПРАВЛЕНИИ ДЕЛАМИ  
ГОСУДАРСТВА  
(ПРАКТИКО-ПРАВОВОЙ АСПЕКТ)  
**А.А. Спиридонов,**  
**А.С. Чернышев,**  
**А.Д. Иванов** ..... 90

### МЕДИЦИНА

МЕТЕОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ:  
ТЕРМИНОЛОГИЯ,  
СИМПТОМАТИКА,  
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ  
К КОРРЕКЦИИ СОСТОЯНИЯ  
**А.В. Таганов** ..... 97

### ИСТОРИЯ НАУКИ

НАЧАЛО НАУЧНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Н.И. ВАВИЛОВА.  
ПЕРВЫЕ РАБОТЫ ПО  
ИММУНИТЕТУ РАСТЕНИЙ  
**В.И. Глазко** ..... 101**Хроника** ..... 108

# CONTENTS

## TECHNOLOGIES

GARBAGE COLLECTION IN  
CONCATENATIVE PROGRAMMING  
SYSTEMS

**R.S. ALIEV** ..... 3

CONCRETE MIXTURES AND  
CONCRETES OF THE NEW  
GENERATION ON THE BASE  
OF NANOCEMENTS

**M.I. BIKBAU** ..... 7

OIL RESERVOIR CLASSIFICATION  
BY GEOLOGICAL AND  
PRODUCTION DATA USING  
UNSUPERVISED MACHINE  
LEARNING ALGORITHM

**D.V. KOURGANOV** ..... 20

MODERN APPLICATION  
ALGORITHMS OF FORMANT  
ANALYSIS FOR CRYPTO  
PROTECTION OF IT- SYSTEMS

**A.A. BALABANOV,  
V.V. KUNEV** ..... 25

IMPROVING THE QUALITY  
OF MICROWAVE ELECTRON  
MICROWAVE INSTRUMENTS  
– DETAILED AT OPTIMIZATION  
OF STRUCTURAL CHANGES

**V.I. GALKIN,  
P.A. GOLOVKIN,  
A.V. VOLKOV,  
A.V. KRYUKOV** ..... 36

WAYS OF SOFTWARE UPGRADE  
OF MANAGEMENT AND  
CONTROL TECHNOLOGICAL  
PROCESS OF RECEIVING AND  
MANIPULATION DATA ON GSS

**D.S. SEMENOV,  
E.G. SAMOHIN,  
P.M. OPARIN** ..... 42

DEVELOPMENT OF ACOUSTO-  
OPTOELECTRONIC MICROWAVE  
RECEIVER FOR RADIO  
FREQUENCY MONITORING  
SYSTEMS

**A.G. BOCHAROV,  
K.S. KASHURKIN,  
G.A. SHARAPOV** ..... 47

RECOGNITION OF ULTRA-  
WIDEBAND SIGNALS, REFLECTED  
FROM THE ROTATING BLADES OF  
THE COPTER

**M.I. ASHRYAPOV** ..... 52

THE AUTOMATION OF GROUND ..  
TEST OF THE AIR-BASED  
SYSTEMS FOR ELECTRONIC  
MONITORING

**R.K. BURNOSOV,  
T.V. OSIPOVA,  
A.I. FOCHENKOV** ..... 57

## EARTH SCIENCES

ENVIRONMENTAL AND  
GEOPHYSICAL ASPECTS OF THE  
INFLUENCE OF TECHNOGENIC  
IMPACT ON THE LITHOSPHERE

**E.V. ARKHIPOVA,  
A.D. ZHIGALIN,  
G.V. BRYANTSEVA,  
I.S. GUSEVA** ..... 65

## LAW

FORENSIC EXAMINATION  
OF PATENT LAW OBJECTS

**V.E. KITAYSKIY** ..... 73

## ECONOMY

FIVE-YEAR PLANNING IN THE  
MANAGEMENT SYSTEM OF  
SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT  
OF THE REGION (BEST PRACTICES  
OF THE IRKUTSK REGION)

**S.G. LEVCHENKO** ..... 79

THE PROBLEM OF WASTE  
MATERIALS MANAGEMENT IN  
URBAN AREAS: ORGANIZATIONAL  
AND ECONOMIC ASPECTS, AND  
THE PROMISING SOLUTIONS

**P.I. BURAK,  
O.N. KHOMIACHENKO** ..... 85

«PARTICIPATORY BUDGET» AS  
AN ORGANIZATIONAL AND LEGAL  
FORM OF IMPLEMENTATION OF  
THE CONSTITUTIONAL RIGHT OF  
CITIZENS TO PARTICIPATE IN THE  
MANAGEMENT OF STATE AFFAIRS  
(PRACTICAL AND LEGAL ASPECT)

**A.A. SPIRIDONOV,  
A.S. CHERNYSHEV,  
A.D. IVANOV** ..... 90

## MEDICINE

METEOSENSITIVITY:  
TERMINOLOGY, SYMPTOMS  
AND METHODS  
OF CORRECTION

**A.V. TAGANOV** ..... 97

## HISTORY OF SCIENCE

THE BEGINNING OF SCIENTIFIC  
ACTIVITIES OF N. I. VAVILOV  
IN PETRIVKA, THE FIRST WORK  
ON PLANT IMMUNITY

**V.I. GLAZKO** ..... 101

**CURRENT EVENTS**..... 108



SCIENTIFIC & PUBLIC JOURNAL

# BULLETIN

OF RUSSIAN  
ACADEMY  
OF NATURAL  
SCIENCES

Published since 2001  
4 issues per year

## EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief –

**A.S. ALEKSEEV**

Deputy Editor-in-Chief –

**V.I. GLAZKO**

**V.V. GORBACHEV**

Executive Secretary –

**M.V. POROTNIKOVA**

**V.N. ALEKSEEV**

**A.V. ANTONOV**

**V.ZH. ARENS**

**R. BUTLER** (USA)

**A.V. BOBROV**

**P.I. BURAK**

**Y.G. VOLKOV**

**L.A. GRIBOV**

**S.N. EPIFANTSEV**

**M.S. ZHDANOV** (USA)

**V.A. ZOLOTAREV**

**L.V. IVANITSKAYA**

**S.B. KAZARIAN** (USA)

**SH.M. MAGOMEDOV**

**A.N. PANIN**

**G.I. PISMENSKY**

**V.N. SAVELYEV**

**A.I. SMIRNOV**

**M.T. TEREHIN**

**I.R. UTJAMYSHEV**

**K.G. KHACHATRYAN** (USA)

**CHEN JIANPING** (CHINA)

**D.S. CHERESHKIN**

**ZHAO PENGDA** (CHINA)

**A.H. SHAHVERDIEV**

**YU.L. SHEVCHENKO**

**O.A. YAKUSHINA**

**P. YANNAKOPOULOS** (GREECE)

## EDITORIAL COUNCIL

Chairman –

**O.L. KUZNETSOV**

**I.L. GEYKHMAN**

**P.D. KERVALISHVILI** (GEORGIA)

**E.A. KOZLOVSKY**

**A.I. MELUA**

**A.N. NIKITIN**

**V.S. NOVIKOV**

**YU.A. RAKHMANIN**

**C.V. STEPASHIN**

**V.G. TYMINSKY** (GERMANY)

**G.N. FURSEY**

**J. CHILINGAR** (USA)

Editorial Director –

**P.A. ALEKSEEV**

All rights reserved. No part of this publication  
may be reproduced in any form or by any means  
without permission in writing  
from the publisher.

© RANS 2019

ISSN 1682-1696

Editorial Board Address

29/16, Sivcev Vrazhek, 119002,  
Moscow, Russia, tel./fax +7 (495) 954-7305

УДК 004.046

# СБОР МУСОРА В КОНКАТЕНАТИВНЫХ СИСТЕМАХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

**Р.С. Алиев**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«СТАНКИН»

Отмечаются характерные для стековых языков программирования особенности размещения объектов в памяти, позволяющие эффективно реализовать специализированную технику автоматического сбора мусора. Исследуются возможные варианты такой реализации на базе существующих алгоритмов, анализируются необходимые модификации в модели работы «сильных» и «слабых» ссылок. Рассматривается применимость предлагаемого подхода в рамках многопоточных систем и систем реального времени.

**Ключевые слова:** конкатенативное программирование, стековый язык, сбор мусора.

Сбором, сборкой мусора (СМ) в информатике называется автоматическая форма управления памятью, при которой особый процесс, называемый сборщиком мусора, определяет выделенные, но более не используемые объекты и удаляет их, помечая соответствующий участок памяти как свободный [20, 21]. Теоретически это позволяет устранить две проблемы, характерные для языков с поддержкой динамической памяти, а именно: висячие ссылки (ссылка, указатель на объект, который уже удален) и утечки памяти (программная недоступность объектов, продолжающих занимать память).

В языках с ручным управлением динамической памятью контроль за выделением и удалением объектов возлагается на программиста. В системах с автоматическим СМ программист лишь выделяет память, а удалением объектов занимается сборщик. Вне зависимости от используемых алгоритмов (подсчет ссылок, «алгоритм пометок», «алгоритм поколений» и т.д.) и стратегий (перемещающая либо неперемещающая), все известные методы сборщиков мусора опираются на понятие т.н. «достижимости объекта», которое определяется способностью системы достичь определенного объекта с помо-

## GARBAGE COLLECTION IN CONCATENATIVE PROGRAMMING SYSTEMS

**R.S. ALIEV**

MSTU «STANKIN»

In-memory object storage characteristic features of stack programming languages are noted, with attention to an effective implementation of a specialized automatic garbage collection. Possible variants of such an implementation, based on existing algorithms, are investigated, «strong» and «weak» references' model's necessary modifications are analyzed. The feasibility of the proposed approach, multithreaded and real-time systems wise, is considered.

**KEYWORDS:** concatenative programming, stack language, garbage collection.

щью последовательных переходов по графу ссылок [13, 10]. К числу достижимых объектов относятся:

- множество т.н. «корневых» объектов, в число которых изначально заносятся все глобальные и автоматические переменные [13];
- все объекты, на которые существуют ссылки из объектов, достижимых на предыдущем шаге алгоритма. Отметим, что в данном условии под ссылками понимаются лишь строгие («сильные») ссылки, а т.н. «слабые» ссылки при анализе достижимости не учитываются [16, 18].

С формальной точки зрения модель автоматического управления памятью может быть описана как определенная совокупность операций на взвешенном (в силу дуальности сильных и слабых ссылок) ориентированном графе. Очевидно, не существует способа каким-либо образом расширить данный подход к вопросу, т.к. любой алгоритм СМ будет сводиться к определению компонент сильной связности графа с последующей их модификацией; попытки в последние годы использовать для решения данной задачи инструментарий теории перколяции [8] носят достаточно невнятный, схоластический характер в силу выраженной дискретной природы проблемы [4].

Таким образом, мы приходим к выводу о том, что при выборе направления дальнейших исследований наиболее естественно будет сосредоточить внимание на выборе и анализе собственно корневых объектов. При этом следует учитывать, что поставленная задача не может быть эффективно решена в языках, допускающих преобразование ссылок (указателей) в другие типы данных. Поэтому в настоящем исследовании ограничимся рассмотрением гипотетической конкатенативной языковой модели с учетом реально существующих реализаций такой модели.

Использование стека в качестве основной структуры данных, применяемой как для производства вычислений и хранения состояния системы, так и для установления связей между ее элементами, в целом характерно для конкатенативной вычислительной модели [1, 12]. Условимся называть такую модель стековой. Отметим, что стековая модель вычислений не исключает использования динамической памяти, т.к. чисто стековые архитектуры ЭВМ занимают специализированную нишу промышленных контролеров и обработчиков сигналов, в то время как основное множество архитектур в той или иной форме использует т.н. «кучу» (heap) [4, 5].

Стековая модель обладает свойством, интересным с т.з. вопросов автоматического управления памятью, а именно: тривиальной достижимостью не только корневых, но и вообще всех динамически выделяемых объектов. Действительно, достаточно наложить на условия работы менеджера памяти единственное дополнительное ограничение, исключающее возможность хранения ссылок первого уровня [13] где-либо, кроме стека (что хорошо согласуется с парадигмой ООП [2, 15]). Тогда процесс определения объектов, подлежащих сбору, будет сводиться к линейному проходу по стеку и составлению списка присутствующих в нем ссылок. Любой объект, отсутствующий в таком списке, подлежит удалению. В случае, когда в качестве допустимых структур данных в программе рассматриваются исключительно стеки, проблема висячих ссылок исчезает полностью, но такой случай является вырожденным и, строго говоря, несущественным с т.з. оценки трудоемкости предлагаемого метода: асимптотическую сложность предлагаемого алгоритма можно грубо оценить как

$$O(2n+2m),$$

где:  $n$  — глубина стека,  $m$  — количество глобальных объектов; вне зависимости от наличия в языке понятия глобального пространства имен, оценка сложности останется линейной [9]. Однако проблема выявления компонент сильной связности при предлагаемом подходе решается полностью прозрачным образом, что снимает необходимость использова-

ния таких популярных алгоритмов, как, например, алгоритмы Тарьяна или Косарайю

$$(O(V+E)),$$

где:  $V$  — количество вершин графа (объектов),  $E$  — количество ребер графа (ссылок, указателей) [20]).

Таким образом, построение сборщика мусора в рамках стековой вычислительной модели может быть сведено к реализации совершенно тривиального алгоритма. Помимо эффективности такой подход будет обладать также весьма существенным с прагматической т.з. свойством высокой предсказуемости. В самом деле, поскольку работа со стеком осуществляется в единственной точке входа (вершина стека) и «квантовым» образом (состояние стека может меняться строго атомарно, вариативность допустима лишь при помещении в стек значений различных типов, следовательно, в общем случае различных размеров, что практически не встречается в реальных системах, т.к. управление таким стеком окажется затруднено), то и обращение к подсистеме СМ можно явным образом привязать к единственной операции снятия значения с вершины стека. Допустимой модификацией такого подхода будет вызов сборщика мусора при кратных обращениях к стеку либо при достижении определенного объема занимаемой памяти, если это является более предпочтительным с т.з. архитектуры целевой ЭВМ.

В многостековой среде алгоритм СМ претерпит несущественное изменение, сводящееся к необходимости последовательного просмотра более одного стека. Интересным с прагматической т.з. следствием подобного подхода является и возможность отказа от слабых ссылок: фактически, в качестве таковых могут рассматриваться любые ссылки второго и последующего уровней. В самом деле, если любая определенная над произвольным объектом в памяти операция требует помещения этого объекта в стек, то для уточнения достижимости объекта достаточно фиксировать факт помещения объекта в стек. Такой объект автоматически исключается из списка подлежащих сбору. После завершения работы с объектом ссыла на него может быть помещена в конец приоритетной очереди  $Q$  ссылок на объекты, подлежащие проверке на достижимость (рис. 1):

$$Q\{1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow \dots \rightarrow n\}$$

РИС. 1.

Приоритетная очередь ссылок на объекты, подлежащие проверке на достижимость.

На рис. 1 началу приоритетной очереди соответствует объект  $1$ , концу — объект  $n$ . Последователь-

ность обхода соответствует направлению стрелок. Поскольку любой существующий в конкатенативной вычислительной системе объект по меньшей мере один раз (в момент создания) будет помещен на вершину стека, очередь  $Q$  в любой момент времени будет содержать ссылки на все объекты, подлежащие проверке на достижимость, вне зависимости от времени и обстоятельств выделения соответствующего объема памяти. Емкостная сложность данной модели оценивается как  $O(2Cn)$ , где константа  $C$  определяется размером указателя на целевой платформе. Вычислительная сложность подобного метода, очевидно, окажется линейной ( $O(n)$ ) в силу необходимости линейного поиска в очереди  $Q$  на каждом этапе сбора мусора. Однако из эмпирических наблюдений известно, что в реальных системах существует подмножество всех динамически выделяемых объектов, окончание времени жизни которых, как правило, приблизительно совпадает с окончанием времени жизни всей системы. Такие объекты («поколение 0») не подлежат непосредственной сборке мусора, что позволяет несколько снизить вычислительную сложность метода за счет уменьшения параметра  $n$  на соответствующее значение. Дальнейшее демпфирование нагрузки на систему возможно за счет разделения очереди  $Q$  на несколько очередей по числу потоков исполнения с проверкой достижимости только в активных из них, а также применения более сложных предикативных методов [20, 19].

Отметим, что подобный «геометрический» взгляд на проблему отношения сильных и слабых ссылок является, безусловно, наивным, но обеспечивает, по всей видимости, наибольшую возможную эффективность, т.к. фактически не требует ни дополнительных структур данных для хранения признака слабости, ни какого-либо специфического анализа во время работы сборщика мусора. Накладные расходы на реализацию метода при любой организации процесса СМ остаются линейными, что подтверждает эффективность подхода. При этом применяемые алгоритмы относительно тривиальны в реализации, что повышает их ценность с прагматической точки зрения.

С высказанными в данной работе положениями уверенно согласуется и концепция поколений [19], что позволяет использовать при разработке алгоритмов СМ в стековой системе хорошо разработанные идеи [18, 15, 14].

В реальных системах неизбежно многократное использование в различных частях программы одних и тех же адресов. Тривиальная модификация сборщика мусора, заключающаяся в ведении списка совпадающих ссылок, позволяет демпфировать вычислительную сложность алгоритма за счет его естественного переложения на многопоточные си-

стемы. Такое разделение задач на несколько потоков традиционно считается опасным с т.з. управления ресурсами и трудоемким в реализации [13, 21, 7, 6, 3], но в рамках стековой системы с полным отказом от использования разделяемой памяти (за счет перехода на модель обмена сообщениями [11]) речь фактически идет о работе сборщика мусора с копией стека, содержащей только ссылки первого уровня. Алгоритмы как создания такой копии, так и последующего согласования состояний рабочего и сервисного потоков, представляются относительно тривиальными.

Особо отметим, что такая модификация может быть эффективно использована для устранения наиболее характерной особенности, препятствующей применению сборщиков мусора в системах реального времени (СРВ), а именно: низкой предсказуемости моментов времени, в который срабатывает сборщик [18, 19, 14, 17]. Использование списка ссылок позволяет реализовать т.н. «частичный» СМ, каждый из индивидуальных этапов которого (продолжительностью  $\delta$ ) не должен превышать условный квант времени СРВ  $\mu$ , определяемый потребностями системы [14]. Таким образом, оценка характерного интервала времени, отводимого на работу сборщика мусора, может быть представлена следующим соотношением (1):

$$\delta < \frac{1}{2}\mu, \quad (1)$$

где: значение  $\frac{1}{2}$ , называемое полутактом, определяется в общем случае эмпирически и может быть скорректировано в сторону как уменьшения (повышение отзывчивости системы), так и увеличения (менее ответственные задачи, «мягкое реальное время»).

Тогда, предполагая зависимость рассматриваемых потоков по данным, в любой момент времени наибольшая задержка в работе алгоритма СРВ, вызванная срабатыванием подсистемы СМ в многопоточной среде будет определяться как

$$\delta_{max} = \max(\frac{1}{2}\mu_i) + \max(t_{i,j}^c), \quad (2)$$

где:  $\mu_i$  — продолжительность индивидуального этапа СМ в каждом из потоков;  $t_{i,j}^c$  — время согласования каждой из пар зависимых по данным потоков. Это означает, что накладные расходы на СМ в СРВ могут определяться внешним по отношению к алгоритму способом, следовательно, один и тот же алгоритм управления состоянием системы может сохранять свою применимость в достаточно широких пределах [17]. Отметим, что при разработке многопоточных систем, как правило, прилагаются дополнительные усилия для снижения зависимости по данным [4, 7, 11], что позволяет говорить об от-

носителем в небольшом вкладе второго слагаемого (2).

Возможные будущие модификации алгоритма предполагают также обобщение рассматриваемого подхода на структуры хранения данных, отличные от стека (такие как списки, кортежи и таблицы). Состав и характер дополнительных ограничений, накладываемых на работу с памятью в таких системах, подлежит отдельному рассмотрению.

Изложенный в настоящей работе подход позволяет сделать вывод о возможности построения эффективных и надежных подсистем сбора мусора в рамках конкатенативных систем программирования при условии определенных ограничений, налагаемых на модель вычислений. Вопрос о существенности таких ограничений подлежит отдельному рассмотрению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. БАРАНОВ С.Н., НОЗДРУНОВ Н.Р. Язык Форт и его реализации. Л.: Машиностроение, 1988.
2. БУЧ Г., МАКСИМЧУК Р.А., ЭНГЛ М.У., ЯНГ Б.Д., КОНАЛЛЕН Д., ХЬЮСТОН К.А. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. 3-е изд. М.: Вильямс, 2008.
3. ГЛУШКОВ В.М. Алгебра алгоритмов и динамическое распараллеливание последовательных программ // Кибернетика, №5. Киев, 1982.
4. ГЛУШКОВ В.М. Основные архитектурные принципы повышения производительности ЭВМ // Проблемы вычислительной техники. Спецвыпуск. Киев, 1981.
5. ГЛУШКОВ В.М., КАЛИНИЧЕНКО Л.А., МИХНЕВСКИЙ С.Д., РАБИНОВИЧ З.Л. Вычислительные машины с развитыми системами интерпретации. Киев: Наукова думка, 1970.
6. ГЛУШКОВ В.М., КАПИТОНОВА Ю.В., ЛЕТИЧЕВСКИЙ А.А. Об одном подходе к реализации параллельных вычислений в многопроцессорных вычислительных системах // Параллельное программирование и высокопроизводительные системы. Ч. 1. Новосибирск, 1980.
7. ГЛУШКОВ В.М., КАПИТОНОВА Ю.В., ЛЕТИЧЕВСКИЙ А.А. Теория структур данных и синхронные параллельные вычисления // Кибернетика, №6. Киев, 1976.
8. КЕСТЕН Х. Теория просачивания для математиков. М.: Мир, 1986.
9. КОРМЕН Т.Х., ЛЕЙЗЕРСОН Ч.И., РИВЕСТ Р.Л., ШТАЙН К. Алгоритмы: построение и анализ. 2-е изд. М.: Вильямс, 2005.
10. СЕДЖВИК Р. Алгоритмы на графах. 3-е изд. СПб: ДиаСофтЮП, 2002.
11. ТАНИЕНБАУМ Э., ВАН СТЕЕН М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. СПб: Питер, 2003.
12. ТАУНСЕНД К., ФОХТ Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ. М.: Финансы и статистика, 1990.
13. DIJKSTRA E.W., LAMPORT L., MARTIN A.J., SCHOLTEN C.S., STEFFENS E.F.M. On-the-fly garbage collection: An exercise in cooperation // Communications of the ACM. 1978. 21(11).
14. DOLIGEZ D., GONTHIER G. Portable, unobtrusive garbage collection for multiprocessor systems // POPL '94 Proceedings of the 21st ACM SIGPLAN-SIGACT symposium on Principles of programming languages. ACM, 1994.
15. HOSKING A.L., MOSS J.E.B. Protection traps and alternatives for memory management of an object-oriented language // Proc. 14th Symposium on Operating System Principles, New York. ACM, 1993.
16. JONES R., LINS R.D. Garbage Collection: Algorithms for Automatic Dynamic Memory Management. Wiley, 1996.
17. KYRIAZIS D., VARVARIGOU T., KONSTANTELI K. Achieving Real-Time in Distributed Computing. IGI Global, 2011.
18. LIEBERMAN H., HEWITT C. A real-time garbage collector based on the lifetime of objects // Communications of the ACM. 1983. 26(6).
19. MATTHEW HERTZ AND EMERY D. BERGER. Quantifying the Performance of Garbage Collection vs. Explicit Memory Management // OOPSLA'05 Proceedings of the 20th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications. ACM, 2005.
20. TARJAN R.E. Depth-first search and linear graph algorithms // SIAM Journal on Computing. 1972. 1 (2).
21. TREIBER R.K. Systems Programming: Coping with Parallelism // Research Report RJ. IBM. Research Division. IBM, 1986.

**Рустам Сулейман оглы Алиев**,  
к.т.н., доцент кафедры управления и информатики в технических системах Московского государственного технологического университета «СТАНКИН»

✉ 127055, г. Москва, Вадковский пер., д. 1,  
127055, Moscow, Vadkovsky lane., 1  
тел.: +7 (915) 269-83-21, e-mail: r.s.o.aliev@gmail.com

УДК:666.972.16

# СОВРЕМЕННЫЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ И БЕТОНЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НАНОЦЕМЕНТОВ

М.Я. Бикбау

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

В статье описано развитие представлений Явления нанокapsуляции дисперсных веществ (Открытие № 450 в Реестре Международной академии авторов научных открытий и изобретений РФ), на примере портландцемента, модифицированного в наноцемент, для совершенствования технологии производства бетонов. Приводится анализ технологий и составов литых и самоуплотняющихся бетонов на основе наноцементов без применения суперпластификаторов, научные представления об оптимальных структурах и свойствах таких смесей для бетонов нового поколения. Рассматриваются особенности формирования и подвижности бетонных смесей, механизмы гидратации силикатов портландцемента и их превращения в гидросиликаты кальция, морфология цементного камня на основе наноцементов.

**Ключевые слова:** бетонные смеси, вода, наноцементы, дисперсность, подвижность, самоуплотнение, нанооболочки, удельная поверхность, плотность, расплав, гидратация, твердение, гидросиликаты, цементный камень, суперпластификатор.

В настоящее время производство литых и самоуплотняющихся бетонных смесей считается наиболее перспективным направлением в технологии бетона, так как позволяет подать и уложить бетонные смеси, хорошо проникающие среди арматуры в межпалубное пространство [15, 21, 25, 28].

Литые и самоуплотняющиеся бетонные смеси используются при изготовлении монолитных и сборных бетонных и железобетонных строительных изделий и конструкций, в том числе максимально армированных. Данные смеси применяются при изготовлении массивных бетонных и железобетонных конструкций и сооружений с повышенными показателями трещиностойкости, прочности, водонепроницаемости, морозостойкости и долговечности, пониженным тепловыделением, высоким темпом твердения.

## CONCRETE MIXTURES AND CONCRETES OF THE NEW GENERATION ON THE BASE OF NANOCEMENTS

M.I. BIKBAU

INTERNATIONAL INSTITUTE OF MATERIALS  
SCIENCE AND EFFICIENT TECHNOLOGIES

The article describes the development of ideas about the Phenomenon of Nanocapsulation of Dispersed Substances (Discovery № 450 in the Register of the International Academy of authors of scientific discoveries and inventions of the Russian Federation), using the example of Portland cement modified into nanocement with a view to improve concrete production technology. The analysis of technologies and compositions of cast and self-compacting concretes on the base of nanocements without the use of super plasticators, scientific ideas about the optimal structures and properties of such mixtures for concretes of the new generation is presented in the article. There are considered the features of the formation and mobility of concrete mixtures, the mechanisms of hydration of Portland cement silicates and their conversion into calcium hydrosilicates, and the morphology of cement stone on the base of nanocements.

**KEYWORDS:** concrete mixtures, water, nanocements, dispersion, mobility, self-compaction, nanoshells, specific surface area, density, melting, hydration, hardening, hydrosilicates, cement stone, super plasticator.

К литым бетонным смесям относятся смеси с маркой P5 по расплаву конуса 56–62 см и подвижностью П5 и более. Основная технологическая задача – обеспечение высокой подвижности бетонной смеси с ее сохранением в течение 1–2 часов при минимальном водосодержании за счет ввода в смеси различных добавок (табл. 1).

Идея создания самоуплотняющихся высокоподвижных бетонных смесей принадлежит японским ученым [27, 26–29] после изобретения первых суперпластификаторов нового поколения на основе поликарбоксилатных соединений [31].

Помимо суперпластификаторов такие бетонные смеси предусматривают значительное усложнение составов за счет ввода различных высокодисперсных наполнителей: микрокремнезема, каменной муки, квар-

ТАБЛИЦА 1.

Европейская классификация самоуплотняющихся бетонных смесей

Вид бетонной смеси	Обозначение	Технологическая характеристика	Величина характеристики
Высокоподвижная	SF 1 SF 2 SF 3	Расплав конуса	550–650 мм
			660–750 мм
			760–850 мм
Вязкая	VS1/VF1 VS2/VF2	Вязкость	8 сек
			9–25 сек
Легкоформуемая	PA1		Зависит от частоты армирования сооружения
	PA2		
Устойчивая к расслоению	SR1	Расслаиваемость	< 20%
	SR2		< 15%

цевого песка, белой сажи и т.п. Эти материалы, другие химические и минеральные добавки значительно удорожают стоимость самоуплотняющихся бетонных смесей и бетонов на их основе (табл. 2).

Так, патент РФ № 2655633, 2017 г. рекомендует составление литых бетонных смесей из ингредиентов, % масс.: портландцемента – 15,0–19,0; щебня гранитного фракции 5-10 – 35,2-36,9; кварцевого песка средней крупности – 26,5-28,0; микрокремнезема – 3,6-4,8; базальтового волокна – 5,1-6,0; суперпластификатора на основе поликарбоксилатного эфира Glenium ACE 40 в виде водного раствора плотностью 1,04-1,08 г/см – 0,38–0,42 и воды затворения – 8,78-9,82.

В России значительный вклад в понимание особенностей подбора состава и формирования бетонных смесей для самоуплотняющихся бетонов нового поколения технологии вносят представления, развиваемые В.И. Калашниковым и его школой [14, 16–20] – о рациональной реологии бетонных смесей как будущего технологии бетонов, а также другие специалисты бетоноведения [15, 21, 22, 25].

В работах В.И. Калашникова ставится задача расчетов и подготовки составов самоуплотняющихся бетонных смесей с обеспечением высокой текучести, исключением расслаиваемости бетонных смесей и достижением прочности бетонов до 100–150 МПа и выше [20].

В.И. Калашников отмечает главные особенности по структуре самоуплотняющихся бетонных смесей:

1) смеси должны быть малоцебечными и малопесчаными, что требует увеличения в них содержания водно-дисперсной матрицы;

2) в матрице должны практически отсутствовать капиллярные и воздушные поры, вследствие чего она становится очень плотной и прочной;

ТАБЛИЦА 2.

Сравнительная стоимость 1 м<sup>3</sup> строительных бетонных смесей в РФ

Традиционный бетон	Литой бетон	Самоуплотняющийся бетон
2500–2900 руб	3400–3900 руб	6600–7200 руб

3) в структуре цементной дисперсной матрицы должны обязательно содержаться микрочастицы дисперсной горной породы, бетоны будущего должны обязательно выпускаться с каменной мукой из беспористых и прочных горных пород, такие бетоны будут бетонами нового поколения;

4) в структуре цементной матрицы должны обязательно содержаться наночастицы (верхний масштабный нануровень) плотных пуццоланических веществ, быстро связывающих гидролизную известь портландцемента в тоберморит C<sub>5</sub>S<sub>6</sub>H<sub>5</sub> или еще более прочный ксонотлит C<sub>4</sub>S<sub>5</sub>H<sub>4</sub>.

Применяемые в настоящее время бетонные смеси являются весьма гетерогенными структурами с четырьмя компонентами радикально различающимися по дисперсности:

– вода – жидкость молекулярного строения с полярными молекулами из двух атомов водорода и одного кислорода, связанных водородными связями в виде трехмерных пространственных структур с размерностью молекулы H<sub>2</sub>O около 0,4 нм и с истинной плотностью 1 г/см<sup>3</sup>;

– портландцемент – дисперсный порошок со средним размером частиц около 10 мкм ( в 25 000 раз больше размера молекулы воды) в виде пористых полиминеральных зерен истинной плотностью 3,1 г/см<sup>3</sup> и с насыпной плотностью около 1,2 кг/м<sup>3</sup>;

– строительный (кварцевый) песок – со средним размером частиц около 500 мкм ( в 1 000 000 000 раз больше размера молекул воды и в 50 раз крупнее средних зерен цемента ) в виде окатанных мономинеральных зерен кварца истинной плотностью 2,65 г/см<sup>3</sup> и насыпной плотностью около 1,60 г/см<sup>3</sup>;

– щебень – с размером фракций от 5000 до 40000 мкм, средний размер 10 000 мкм с преобладанием фракций 5000–20000 мкм ( в формировании цементного камня участвует как каркас из крупного заполнителя с весьма слабым химическим взаимодействием его поверхности с раствором).

Если посчитать исходный размер молекулы воды за единицу, то тогда соотношение средних размеров частиц компонентов бетонной смеси: вода 1; цемент 25 000; песок 1 000 000 000; щебень 20 000 000 000.

Согласно современным представлениям, жидкая вода – непрерывная трехмерная сетка из молекул, соединенных водородными связями. Молекулы воды находятся в постоянном движении и непрерывно



меняют свое окружение. Водородные связи рвутся и возникают вновь.

Локальные структуры воды все время меняются в пикосекундной шкале времени. Если бы трехмерной сетки из молекул воды в непрерывном их перемещении не было, вода не текла бы или была бы очень вязкой жидкостью. Попытки представить воду как ассоциированную жидкость с плотной упаковкой молекул воды, подобно шарикам в какой-либо емкости, не соответствуют фактическим данным ее плотности. В варианте плотной упаковки молекул удельная плотность воды должна была бы быть не  $1 \text{ г/см}^3$ , а более  $1,8 \text{ г/см}^3$ . Особая структура молекулы воды в том, что в отличие от других жидкостей ее молекулы обладают сильным электрическим моментом, составляющим ее дипольную структуру.

Вода является наиболее распространенным растворителем на планете. В воде при отсутствии посторонних веществ в нормальных условиях одинакова концентрация гидроксид-ионов и ионов водорода. Вода – химически активное вещество. Сильно полярные молекулы воды при ее избытке в системе цемент-вода растворяют его минералы, а при меньшем ее содержании в системе активно адсорбируются и сольватируют катионы и анионы высокословных силикатов кальция, образуя гидрат оксида кальция и кристаллогидраты гидросиликатов кальция.

Наиболее активной твердой составляющей в современных бетонах является дисперсный портландцемент, определяющий практически все строительные и эксплуатационные свойства изделий и конструкций. Портландцемент изобретен в начале XIX века Луи Викатом и Джозефом Аспдиным – до сих пор все цементные заводы в мире производят тот же самый продукт классов 32,5; 42,5 и 52,5.

Нами разработана научная основа и освоена на практике технология радикального повышения качества портландцемента путем его более тонкого измельчения и нанокапсуляции зерен, при этом значительно повышая эффективность его использования в бетонных смесях и бетонах вводом в портландцемент при его измельчении до 50–70% мас. кварцевого песка с получением наноцементов классов 32,5; 42,5 и 52,5, а с вводом при помолотом от 10 до 50 % мас. кварцевого песка производить уникальные наноцементы классов 62,5; 72,5 и 82,5 МПа [3, 6].

В ходе экспериментальных исследований по получению литых и самоуплотняющихся бетонных смесей были применены малоклинкерные наноцементы с кварцевым песком завода «Казнаноцемент» г. Нур-Султан, Республика Казахстан [12]. Характеристики дисперсности использованных промышленных партий наноцементов в табл. 3.

Выполненный анализ гранулометрии показал, что наноцементы отличает преобладание весьма мелких (менее 1 и 5 мкм) частиц дисперсий, что не характерно для портландцементов.

Совместное измельчение портландцемента с кварцевым песком в присутствии модификатора обеспечивает высокую удельную поверхность наноцементов со значительным содержанием (более 25% мас.) дисперсий частиц размером менее одного мкм и более 40% мас. частиц размером менее 5 мкм от общего количества.

В полученных малоклинкерных наноцементных смесях среди частиц размером менее одного микрометра наблюдаются как зерна портландцемента с нанокапсулами модификатора, так и частички кварцевого песка размером около 100 нм и менее (рис. 1).

При этом частички песка не имеют нанооболочек модификатора и активно участвуют при затворении водой в обеспечении высокой подвижности цементно-песчаных смесей с низким водосодержанием и реакциях структурообразования цементного камня, удовлетворяя изложенным выше требованиям п.п. 3,4 по В.И. Калашникову.

Малоклинкерные наноцементы с тонко- и сверхтонко молотым кварцевым песком содержат значительное количество мелких (от десятков нм до нескольких мкм) не только нанокапсулированных зерен портландцемента, но и частиц кварцевого песка (рис. 1).

Плотность – удельный вес воды – составляет  $1 \text{ г/см}^3$  и ее транспортные способности в обычных бетонных смесях весьма ограничены, так как при приготовлении и укладке бетонных смесей необходимо перемещать более плотные частички песка весьма крупных размеров частиц от 300–600 мкм и выше. Так, у частиц кварца в строительном песке истинная плотность (удельный вес) составляет  $2,65 \text{ г/см}^3$ .

Перемещение в водных растворах еще более тяжелых зерен портландцемента с истинной плотностью  $3,1 \text{ г/см}^3$  осложняется с первых же минут затворения водой образованием флокул на их поверхности – как результат гидратации зерен. Влияние всех видов суперпластифицирующих добавок на водосодержание и подвижность растворов связано с предотвращением формирования таких флокул на зернах цемента, активно адсорбирующих влагу после затворения.

По сложившимся представлениям механизм действия новых суперпластификаторов заключается в том, что частицы поликарбоксилатов адсорбируются на поверхности цементных зерен и сообщают им отрицательный заряд. В результате цементные зерна взаимно отталкиваются и приводят в движение цементный раствор (рис. 2).

В наномодифицированных портландцементных (названных нами наноцементными) [3, 9], зерна портландцемента покрыты облегчающими их в водном растворе сплошными оболочками, имеющими толщину – 10–100 нм, (рис. 3) полученными из модификатора – структурированного атомами кальция нафталинсульфоната натрия, плотностью около  $1 \text{ г/см}^3$ . Такие нано оболочки обеспечивают в цементно-песчано-во-

ТАБЛИЦА 3.

Характеристики гранулометрии\* промышленных наноцементов

Грануло-метрический диапазон, мкм	Содержание фракций в наноцементях, %			
	Наноцемент 30 S = 637 м <sup>2</sup> /кг	Наноцемент 35 S = 671 м <sup>2</sup> /кг	Наноцемент 45 S = 783 м <sup>2</sup> /кг	Наноцемент 55 S = 724 м <sup>2</sup> /кг
0–1,0	26,41	27,34	29,31	28,17
1,0–5,0	14,14	15,21	14,48	14,29
5,0–10,0	11,14	12,12	11,25	11,45
10,0–20,0	18,12	18,41	21,35	19,21
20,0–30,0	15,64	16,46	15,18	16,21
30,0–40,0	6,17	6,21	4,32	6,95
40,0–60,0	4,12	2,36	1,79	1,93
60,0–70,0	1,61	0,74	0,94	0,61
70,0–80,0	0,98	0,36	0,47	0,44

\* – Определения выполнены на лазерном гранулометре LA – 950 фирмы HORIBA, Япония  
S – удельная поверхность партий наноцементов, ПСХ 10а

дных смесях скольжение молекул воды по полимерной поверхности нанокapsул и позволяют укладывать такие смеси с наиболее низким водосодержанием без суперпластификаторов, несмотря на весьма высокую удельную поверхность наноцементов.

Малое содержание воды и повышенная плотность цементно-песчаного раствора на основе наноцементов, обеспечивают его высокую подвижность, длительную сохраняемость подвижности раствора, минимальную склонность к усадке цементного камня при его твердении и высокую трещиностойкость.

В цементно-песчаных растворах на наноцементях транспортные способности воды возрастают вместе с увеличением в растворе его фактической плотности (табл. 4), создаваемой наличием в ней взвесей из мельчайших (на нано- и микроуровне, т.е не более 3–5 мкм) частиц минеральных материалов, оптимально – зерен кремнезема (кварца).

В табл. 4 приводятся значения удельной поверхности, среднего размера частиц, насыпной плотности портландцемента и наноцементов, позволяющих оценить дисперсные материалы для образования взвесей и суспензий в воде, а также способность к подвижности цементно-песчаных бетонных смесей.

Как видно из приведенных экспериментальных данных, способность к образованию суспензий и взвесей с минимальным оседанием частиц в воде, повышению плотности растворов и соответственно подвижности цементно-песчаных смесей характерна для более высокодисперсных наноцементов, характеризующихся меньшим размером частиц, близких по насыпной плотности к плотности воды и предотвращающих расслаивание смесей.

Так, на рис. 4 приводятся кривые лазерной гранулометрии портландцемента и наноцемента 55, выполненные на цементном заводе VOTORANTIM в Бразилии. Проведенные исследования показывают значительное преобладание в наноцементе 55 (включая 45% мас. кварцевого песка), по сравнению с портландцементом, высокодисперсных частиц, размером менее 10 мкм и менее 1 мкм.

Половина наноцемента 55 представлена частицами размером менее 10 мкм и 20% мас. составили частицы размером менее 2 мкм. Весьма высокая удельная поверхность наноцемента 55 (520 м<sup>2</sup>/кг) обуславливает его значительно более высокие строительно-технические свойства по сравнению с ordinary портландцементом (рис. 5, табл. 5 и табл. 6).

Для приготовления литых и самоуплотняющихся бетонных смесей на основе полученных малоклинкерных наноцементов с учетом требований по п. 1 В.И. Калашникова были использованы:

- 1) строительный песок Раменского месторождения с модулем крупности 1,9 и содержанием глинистых менее 2% масс.;
- 2) отсев гранитного щебня фракции 2–5;
- 3) гранитный щебень фракции 5–10;
- 4) водопроводная вода.

Сущность нашего подхода в использовании по В.И. Калашникову малощебеночных и малопесчаных бетонных смесей с предложенным выше соотношением ингредиентов для создания подвижной высокодисперсной реологической матрицы из тонкомолотых окатанных дисперсий в виде зерен нанокapsулированного портландцемента и частичек кварцевого песка с пониженным содержанием воды.

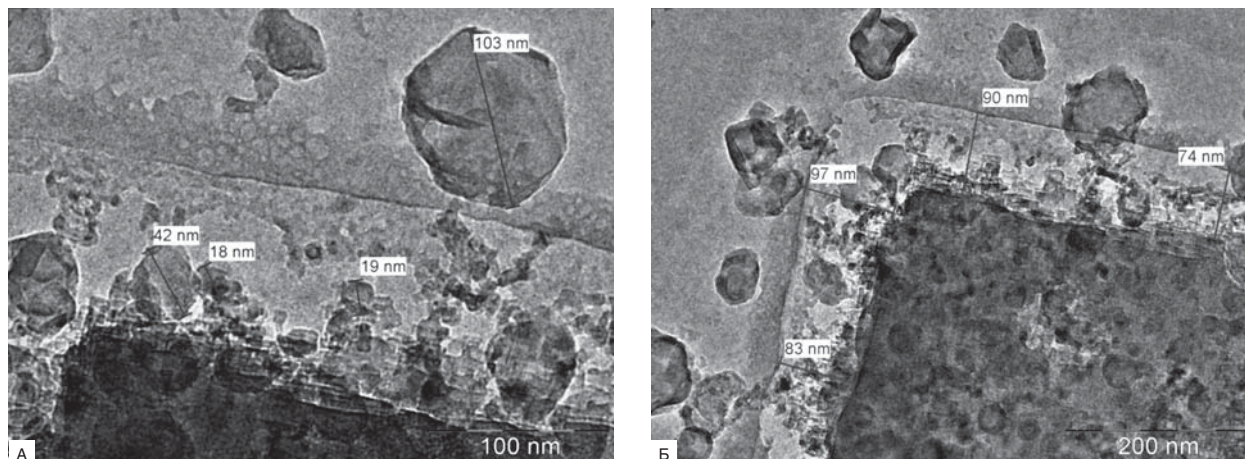


Рис. 1.

Нанооболочки (светлая кайма) на зернах портландцемента из структурированного модификатора в наноцементах и зерна кварцевого песка (по результатам дифракции). Мелкие частички без нанооболочек — зерна кварцевого песка, измельченные до наноуровня — на приводимом снимке А) размеры частиц : 18, 19, 42 и 103 нм. На снимке Б) показаны также толщины оболочек в нм. Электронно-микроскопические снимки на просвет. Масштаб на фотографиях

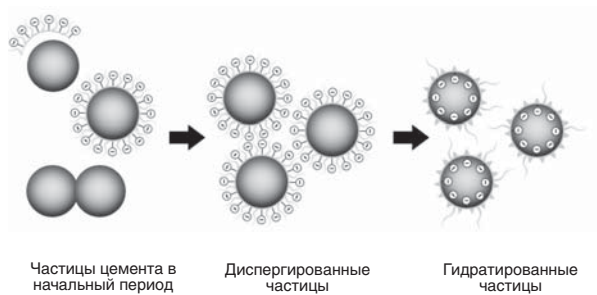


Рис. 2.

К механизму действия добавки поликарбоксилата в цементно-водных системах с суперпластификатором

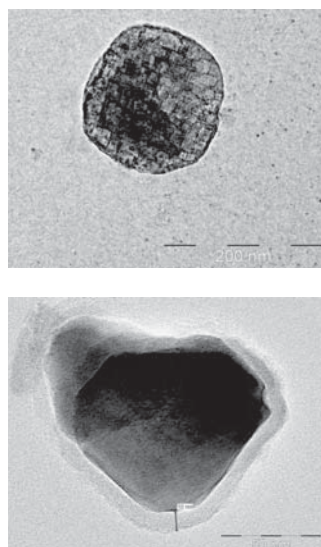


Рис. 3.

Зерно портландцемента – 1 и наноцемента – 2. Электронно-микроскопические снимки на просвет. Масштаб на фото

ТАБЛИЦА 4.

Удельные поверхности, средний размер частиц, насыпная плотность, портландцементов и наноцементов, а также подвижность растворов

Материал	Удельные поверхности, м <sup>2</sup> /кг	Средний размер частиц, мкм	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	подвижность цементно-песчаных растворов
Портландцемент	300–400	7–9	1100–1300	Низкая
Наноцементы	400–600	3–5	900–1000	Высокая
Наноцементы	600–900	2–3	950–1050	Высшая

Распределение размера частиц

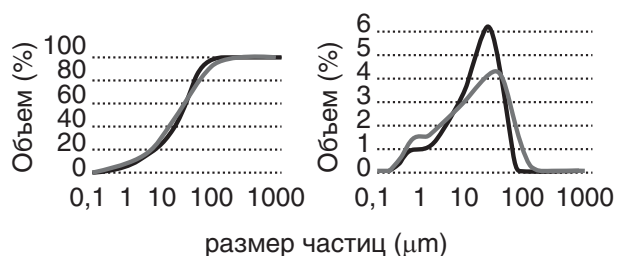


Рис. 4.

Кривые гранулометрии наноцемента 55 и портландцемента, полученные на цементном заводе VOTORANTIM, Бразилия

ТАБЛИЦА 5

Оценка подвижности цементов в растворах на цементном заводе VOTORANTIM, Бразилия

Цемент	конус KANTRO (mm)	Цемент (г)	Вода (мл)	В/Ц
Портланд-цемент	137,5	150	90,0	0,60
Наноцемент 55	162,5	150	37,5	0,250

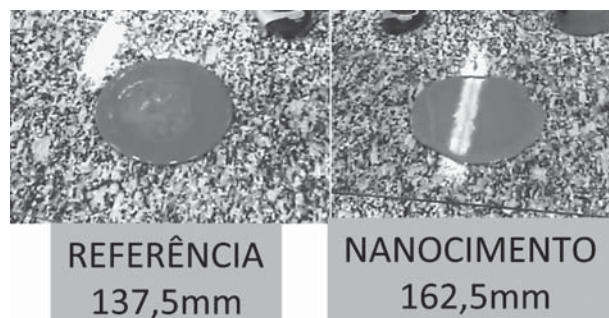


Рис. 5.

Подвижности наноцемента 55 и прототип-портландцемента измерялись конусом Kantro в лаборатории цементного завода VOTORANTIM

Указанная матрица отличается высокими реологическими свойствами композиции при минимальном воздухоовлечении. Она может включать и более крупные частички кварцевого песка, а также частички отсева щебней, а также щебня размером до 10 мм с обеспечением требуемых подвижности и сохраняемости самоуплотняющихся бетонных смесей.

С целью анализа теоретических воззрений на особенности формирования подвижных литых и самоуплотняющихся бетонных смесей, определения возможностей повышения их технологических характеристик, развития представлений об особенностях структурообразования в цементно-песчаных растворах гидратации цементных минералов, схватывания и твердения цементного камня, оптимизации строительно-технических свойств бетонов была выполнена экспериментальная работа с применением наноцементов промышленного производства.

Бетонные смеси готовили в экспериментальном цехе ООО «Международный ИМЭТ», г. Москва на одновальном лопастном бетоносмесителе БС-1, производства 268 механического завода г. Иваново, емкостью 1 м<sup>3</sup>.

Компоненты смеси загружались в бетоносмеситель после взвешивания, затем после перемешивания в течение 1 мин. в сухую подавался необходимый объем воды и смесь перемешивалась 3 мин. Подвижность бетонных смесей определялась по расплыву смеси по

ТАБЛИЦА 6.

В/Ц растворов наноцемента 55 и прототип-портландцемента при одинаковой подвижности, а также прочность на сжатие образцов цементного камня в различные сроки нормального твердения, лаборатория цементного завода VOTORANTIM, Бразилия

	растекаемость (мм)	В/Ц	1 сут, МПа	7сут, МПа	28 сут, МПа
Прототип - портландцемент	184	0,481	17,1	35,3	45,8
Наноцемент 55 с 225g H <sub>2</sub> O	182	0,361	9,55	43,2	55,2

ГОСТ Р 58002-2017, часть 8 (соответствующего EN 12350-8:2010).

Сохраняемость подвижности бетонных смесей определялась также по расплыву смеси через каждые 30 мин. Плотность бетонных смесей определялась по ГОСТ 10181.2-81. Прочностные показатели и плотность бетонов определяли по стандартным методикам ГОСТ 10180-90. Водонепроницаемость образцов бетона определяли по ГОСТ 12730.5-84. Морозостойкость определяли по Базовому методу определения морозостойкости по ГОСТ 10060.2-95. Ускоренные методы определения морозостойкости в солях, способы 2 и 3. Составы полученных бетонных смесей приведены в табл. 7.

Разработанные составы литых и самоуплотняющихся бетонных смесей по своим свойствам, несмотря на исключение дорогих суперпластификаторов и высокодисперсных наполнителей, как это было показано в анализе уровня техники, обладают весьма высокими реологическими свойствами и подвижностью при значительно более низкой себестоимости (табл. 7).

Характеристики сохраняемости подвижности бетонных смесей на основе составов смесей по табл. 7 приведены в табл. 8.

В современных бетонах взаимодействие составляющих в системе «цемент-вода-песок» идет весьма длительно, несмотря на соотношение песка и цемента, обычно 2:1, прежде всего из-за малой реакционной поверхности инертных частиц песка, в среднем, в 10 раз меньшей, чем у портландцемента.

Это объясняет, почему во многих странах ученые приходят к целесообразности ввода микрокремнезема или тонкомолотого кремнезема (а также зол, шлаков, пуццолановых пород) для повышения активности формирования цементного камня при снижении доли клинкера.

Упрощенный вариант химической реакции, необходимой для формирования цементного камня, с указанием начального и конечного состава реагентов:

ТАБЛИЦА 7.

Разработанные составы смесей литых и самоуплотняющихся бетонных смесей и результаты сравнительных испытаний подвижности смесей

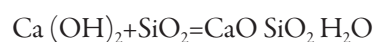
Наименование расходных материалов в бетонных смесях	Составы и типы полученных бетонных смесей			
	1 самоуплотняющаяся	2 самоуплотняющаяся	3 литая	4 литая
Наноцемент 30	20			
Наноцемент 35		17		
Наноцемент 45			14	
Наноцемент 55				15
Песок строительный	20	25	40	29
Отсев гранитный фракции 2–5	25	21	18	23
Щебень гранитный фр. 5–10	20	23	30	21
Вода	15	14	8	12
Расплав конуса, см	66	64	51	59
Стоимость м³ бетонной смеси, руб (без укладки) на 01.06.2019	5430	5240	3120	3050

ТАБЛИЦА 8.

Сохраняемость подвижности бетонных смесей на основе полученных составов бетонных смесей (по табл. 7)

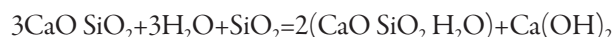
Период выдержки смесей при 20° С	Расплав конуса для составов смесей, см			
	1	2	3	4
Исходные смеси	66	64	51	57
Через 30 мин	66	64	51	56
Через 60 мин	65	64	50	54
Через 90 мин	64	63	48	49
Через 120 мин	61	61	41	46
Через 150 мин	58	57	42	44

нем гидроксида кальция, но еще более эффективный вариант – его связывание в более прочный и долговечный гидросиликат кальция, что может происходить по прямой реакции высокодисперсных реагентов:



Такая реакция, рекомендуемая В.И. Калашниковым согласно п. 4 для самоуплотняющихся бетонных смесей, происходит в разработанных нами малоклинкерных наноцементах, где она обеспечивается уровнем дисперсий тонко- и сверх-тонко измельченного вместе с цементом кремнезема (частички от нескольких десятков до сотен нм – рис. 1).

Определенное методом рентгеновского количественного анализа содержание гидроксида кальция в



В сформированном цементном камне присутствуют два вида гидратных минералов: гидросиликаты кальция и гидроксид кальция. Среднее соотношение масс указанных фаз цементного камня, масс %: гидросиликаты кальция – 85; гидроксид кальция – 15.

Казалось бы, содержание гидроксида кальция невелико, но именно его присутствие значительно ослабляет строительно-технические свойства цементного камня и прежде всего снижает прочность камня в связи с пластинчатой, слоевой морфологией кристаллов гидроксида кальция, по которым обычно проходит разрушение камня, а также их склонностью к перекристаллизации при изменении влажности окружающей среды.

В этой связи для повышения прочностных свойств цементного камня было бы желательно отсутствие в

ТАБЛИЦА 9.

Водонепроницаемость, прочность на сжатие, изгиб и морозостойкость бетонов на основе литых и самоуплотняющихся бетонных смесей в 28 сут твердения в нормальных условиях (составы смесей по табл. 7)

Характеристика	Составы бетонов на основе смесей по табл. 7			
	1	2	3	4
Плотность средняя, кг/м³	2480	2465	2380	2420
Водонепроницаемость	W 20	W 18	W 16	W 18
Прочность на сжатие МПа	78	74	64	68
Прочность на изгиб, МПа	8,4	7,9	5,8	6,7
Морозостойкость при испытании в солях, циклы	F 400	F 300	F 300	F 300

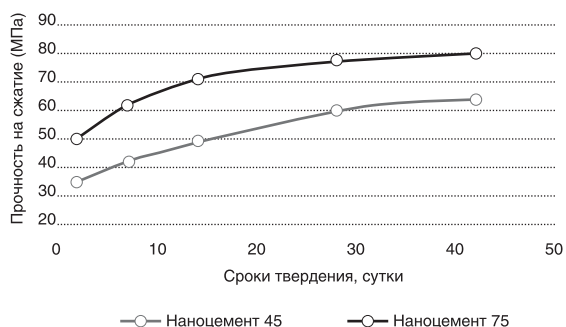


Рис. 6.

Изменение прочности на сжатие со временем твердения в нормальных условиях для наноцемента 45 (60% мас. кварцевого песка) и наноцемента 75 (20% мас. кварцевого песка) по результатам испытаний в испытательной лаборатории университета Торонто в Канаде [23]

бетонах на портландцементе и малоклинкерных наноцементов – составы соответственно с 75; 50 и 40% мас. клинкера (остальное в них тонко измельченный вместе с портландцементом и модификатором кварцевый песок) в различные сроки твердения в нормальных условиях составляет, % мас.:

Вяжущее	3 сут	7 сут	14 сут	28 сут	60 сут
Портландцемент	3,2	5,5	6,4	7,1	8,2
Наноцемент – 75	1,5	2,5	3,0	2,7	2,4
Наноцемент – 45	0,8	1,1	1,6	1,5	1,3
Наноцемент – 35	0,5	0,9	1,4	1,2	1,0

Малоклинкерные цементы с тонкомолотым кварцевым песком [24] позволяют ускорить твердение цементного камня, интенсифицировать образование гидросиликатов кальция в цементном камне, позволяют получить высокую прочность камня в начальные и стандартные сроки при нормальном твердении (рис. 6).

Применение наноцементов в бетонах позволяет производить без всяких химических добавок и микрокремнезема быстротвердеющие высокопрочные бетоны, как это было реализовано в 2016 году на известном заводе DUBAI READYMIX CONCRETE, поставлявшем бетоны для строительства БУРДЖ ХАЛИФА – самого высокого небоскреба в мире (табл. 10).

Применение наноцемента 55 позволило осуществить успешное приготовление и заливку литых бетонных смесей при строительстве многоэтажного здания в г. Астана в 2017 г. (рис. 7, 8).

В малоклинкерных наноцементов тонко измельченные частички кварцевого песка активно участвуют в формировании структуры цементного камня с обеспечением высоких строительно-технических свойств бетонов, опровергая устаревшие представления о инертности частиц кварцевого песка в структурообразовании цементного камня.

Полученные удельные расходы портландцемента на 1 м<sup>3</sup> бетона при его модификации в наноцемент можно отнести к мировым рекордным показателям [2, 9, 24, 23].

Новые экспериментальные данные доказывают весьма высокий темп твердения бетонов даже с небольшими расходами цемента при достижении хорошей прочности, высокими водонепроницаемостью и морозостойкостью цементного камня в бетонах на наноцементов. Нет сомнений и в хорошей защите арматуры новых бетонов с высокими показателями водонепроницаемости, характеризующими значительную плотность камня и контактных зон на основе наноцементов.

Выполненные нами электронно-микроскопические исследования показали весьма отличную от всех описанных для портландцементного камня структуру и морфологию цементного камня на основе наноцементов. Так на рис. 9 с помощью сканирующей зонной микроскопии (СЗМ Ntegra Prima) фиксированы участки сколов с поверхности камня наноцемента после года твердения в нормальных условиях в трехмерном изображении.

На трехмерных изображениях исследованных образцов цементного камня наблюдается необычный рельеф камня в виде аморфизированной – «слоистобугорчатой» структуры – практически без признаков кристаллических образований, характерных для гидроксида кальция, всегда наблюдающегося при твердении бетонов на традиционном портландцементе.

Высота рельефа достигает 120 нм, на полученных фотоснимках достаточно отчетливо наблюдается слоистость цементного камня вдоль одной из пространственных осей (рис. 9). Толщина слоев по нашей оценке около 10 нм.

Такое радикальное отличие морфологии цементного камня в бетонах на наноцементов с тонко измельченным кремнеземом и соответственно все выдающиеся показатели строительно-технических свойств таких бетонов можно связывать с топомеханическим механизмом гидратации высокоосновных силикатов кальция, характеризующихся наличием части атомов кальция с большей степенью ионности с кислородными атомами и координацией по кислородным атомам, превышающей шестерную, что вызывает наличие в кристаллических решетках минералов полостей, доступных для диффузии водородных ионов и их захвата на нескомпенсированных связях кислородных атомов активной поверхности клинкерных частиц [7].

Как было показано нами [10, 11] главные цементные минералы – алит (C<sub>3</sub>S) и белит (β-C<sub>2</sub>S), содержат в своих кристаллических решетках кластеры из триад тетраэдров кремнезёма [SiO<sub>4</sub>] в кальциево-кислородном окружении, в виде повторяющихся в пространстве лент – Ca – O – Si – O – Si – O – Si – O – Ca, координированных частью атомов кальция в более

ТАБЛИЦА 10.

Основные характеристики бетонной смеси и бетона на основе наноцемента 55 промышленного выпуска завода Бинани, г. Дубай. Лаборатория компании «Дубай Редимикс Конкрит»

Характеристики бетонной смеси по сохранности подвижности, В/Ц=0,28		Прочность на сжатие образцов бетона в различные сроки твердения в нормальных условиях, МПа	
30 мин	220	3 дня	45,7
60 мин	220	7 дней	56,7
90 мин	190	28 дней	72,3

высокой (выше шестерной) координации по кислороду, что определяет способность минералов к взаимодействию с водой [7, 8].

Такой подход объясняет установленную нами необычную слоистую морфологию новообразований цементного камня в бетонах на основе наноцементов.

Развитие указанных представлений позволяет предположить, что указанные кластеры могут с минимальными изменениями переходить из безводных фаз в гидросиликатные новообразования, которые структурируются активными молекулами воды, адсорбирующимися во внутрь цементных зерен и образующих близкие по строению кластеры гидросиликатов кальция по механизму молекулярного наслаивания по В.Б. Алесковскому [1]. Особенно интенсивно такой процесс проходит в присутствии дисперсных частиц кремнеземистых заполнителей и родственных минералов, поставляющих уже в начальные сроки дополнительный кремнезем для структурной перестройки безводных высокоосновных силикатов в гидросиликаты кальция.

С этими представлениями согласуется последнее достижение группы физиков, которые разработали так называемую реалистическую молекулярную модель цементного камня на основе новой модели нанокластера гидросиликатов кальция CSH [30]. Основа кластера – кремнекислородный неполносвязанный каркас. Слой кальция привязан к нему через кислородные мостики с редкими межслоевыми катионами кальция. Молекулы воды представлены в виде слоёв вдоль лент каркаса кластера в пустотах аморфизированной кристаллической структуры (рис. 10).

В двухмерном пространстве один базовый элемент гидратированного цемента содержит некоторые отклонения, характерные для природного гидросиликата кальция – тоберморита (п. 4 в требованиях В.И. Калашникова). В новой структуре CSH слоях треугольников (кремниевых тетраэдров) каждый третий, шестой и девятый из них отклонены от горизонтальной оси вверх или вниз (в сторону соседних слоёв оксида кальция). В образовавшихся «полостях» (в слоях, сформированных лентами оксида кальция) располагаются молекулы воды, они-то и придают тверде-

ющему цементному камню его прочность, превращая его в твердый гидросиликат кальция.

С нашей точки зрения именно близостью структурных мотивов – описанных выше кластеров в безводных высокоосновных силикатах кальция и гидросиликатах кальция в цементном камне можно объяснить, не поддающиеся ранее пониманию весьма интенсивное и быстрое по времени схватывание цементно-песчаных растворов и их твердение, особенно ускоренного при затворении водой мало-клинкерных наноцементов с тонко измельченными минеральными кремнеземистыми добавками, активно участвующими в реакциях формирования гидросиликатов кальция. Молекулы полярной жидкости – воды по топохимическому механизму всасываются в полости высокоосновных силикатов кальция, омоноличивая цементно-песчаные растворы в камень. При получении бетонов на наноцементах формирование прочного, водонепроницаемого и долговечного цементного камня происходит на собственной матрице, состоящей из оводненных высокоосновных силикатов кальция и высокодисперсных кремнеземистых фаз с развитой поверхностью массообмена, соизмеримой с удельной поверхностью наноцемента.

Только этим механизмом можно объяснить установленное весьма малое влияние на твердение наноцементов природы мелких и крупных заполнителей на характеристики бетонов на мало-клинкерных наноцементах, установленное экспериментально на нерудных материалах различных регионов России [13].

Портландцементы в бетонах выделяют после затворения бетонных смесей в первые сутки от 400 до 550 ккал/кг, а в течение трех суток твердения выделяется от 650 до 850 ккал/кг.

Избыточное тепло в массивных изделиях вызывает интенсивное парообразование, гетерогенность теплового поля, локальные деформации в теле формирующегося, неравномерно остывающего бетона, что обуславливает появление многочисленных трещин, значительно ухудшающих качество изделий из бетона в виду малой поверхности тепломассообмена массивных изделий с окружающей средой.



Подача бетона автобетононасосом



Укладка бетона без виброуплотнения

Рис. 7.

Подача и укладка литого бетона на наноцементе 55 без виброуплотнения, г. Астана, Респ. Казахстан, 2017 г.

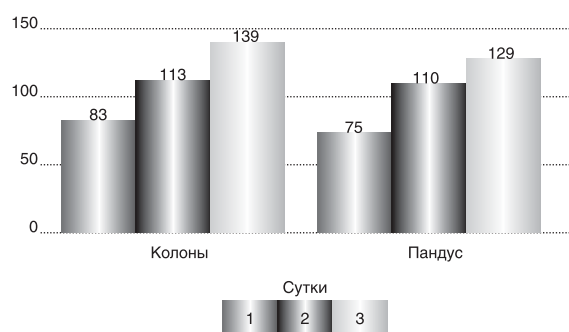


Рис. 8.

Динамика набора прочности бетона литого бетона на основе наноцемента 55 на конструкциях объекта в г. Астана, %

Традиционные портландцементы типа VL и VLH, предусматривающие ввод различных теплопоглощающих минеральных добавок, типа шлаков, к сожалению, при некотором снижении тепловыделения бетонных массивов, теряют при этом в гидравлической активности, зачастую не обеспечивая требуемые строительно-технические характеристики бетонов.

В этой связи на стройках АЭС и гидротехники, возведения объемных фундаментов высотных зданий и опор инженерных сооружений применяются различные вариации съема тепла с внутренней части бетонных массивов за счет их структурирования, например, стальными трубами, через которые прогоняется охлаждающий реагент.

Такие системы вносят изменения в характеристики массивных изделий из бетона, повышают затраты металла, охлаждающего реагента и труда и удорожают производство.

Согласно национальным предварительным стандартам Российской Федерации 19-2014 и Республики

Казахстан 83-2018 «Портландцемент наномодифицированный. Технические условия» малоклинкерные наноцементы – типов 30, 35, 45 и 55 при обеспечении высокой активности (табл. 8) позволяют значительно снизить тепловыделение в бетонах за счет значительного уменьшения количества портландцемента, что чрезвычайно актуально для строительства гидротехнических, инженерных и других массивных конструкций и сооружений.

Создание малоклинкерных наноцементов, содержащих вдвое и втрое меньше портландцемента, позволяет снизить тепловыделение в массиве бетона в 2–3 раза, а также обеспечить поглощение тепла значительной (до 70% мас.) долей кварцевых песков с теплоемкостью около 185 ккал/кг.

Такой подход позволяет решить проблему производства на строительстве АЭС, различных гидротехнических и инженерных массивных конструкций и сооружений из низкоэкзотермичных бетонных смесей на малоклинкерных наноцементных с сохранением в бетонах необходимых строительно-технических и эксплуатационных свойств, исключением или упрощением систем теплосъема и снижением стоимости массивных объектов.

Именно высокодисперсная реологическая матрица по В.И. Калашникову с повышенной плотностью (за счет содержания в ее объеме частиц наноцемента и высокодисперсных частиц кварцевого песка) при минимальном водосодержании, даже без суперпластифицирующих добавок, дает возможность свободного перемещения частиц песка и щебня и обеспечивает требуемую подвижность (текучесть) бетонной смеси.

При этом появляется возможность значительно снизить количество воды в литых и самоуплотняющихся бетонных смесях на наноцементных и благодаря



этому уменьшить усадочные явления, трещинообразование, обеспечить заданную прочность и другие характеристики бетонов.

Эти особенности разработанных подвижных бетонных смесей на основе наночастиц могут способствовать созданию нового поколения бетонов с регулируемыми свойствами. Бетонные смеси на наночастицах легко транспортируются и имеют продолжительную сохранность, заполняют армокаркасы в межпалубном пространстве без вибрации, бетонная

масса обладает высокой подвижностью и густотой при малом водосодержании, характеризуется пониженным тепловыделением и высокой трещиностойкостью, с ней легко и удобно работать. Такие бетоны позволяют значительно ускорить и упростить работы по бетонированию как монолитных конструкций, в том числе массивных, так и сборных изделий из железобетона с обеспечением необходимого качества и долговечности.

**ВЫВОДЫ**

Литые и самоуплотняющиеся бетонные смеси на основе наночастиц имеют оптимальные характеристики подвижности с продолжительной сохраняемостью при упрощенном составе и значительно более низкой себестоимостью за счет исключения весьма

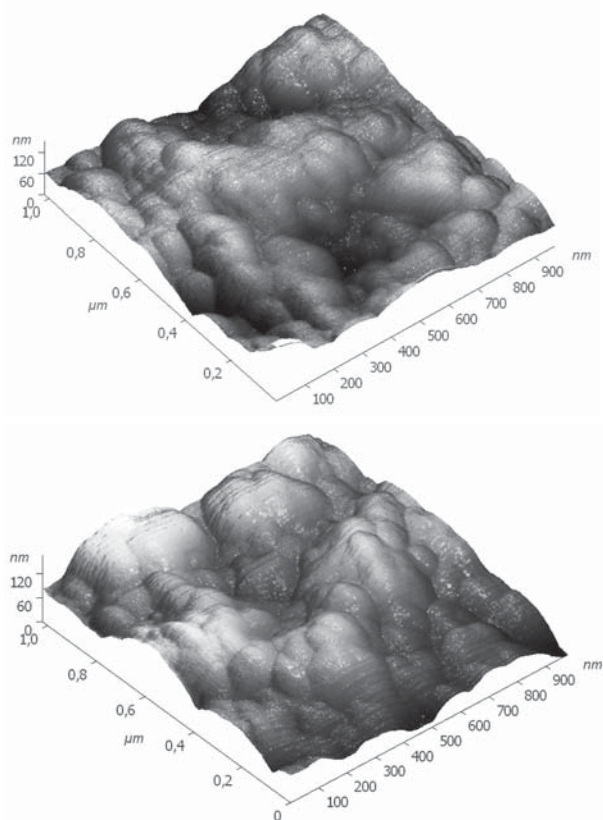


Рис. 9. СЗМ – трехмерные изображения поверхности скола цементного камня в бетоне на основе наночастиц. Размеры на осях

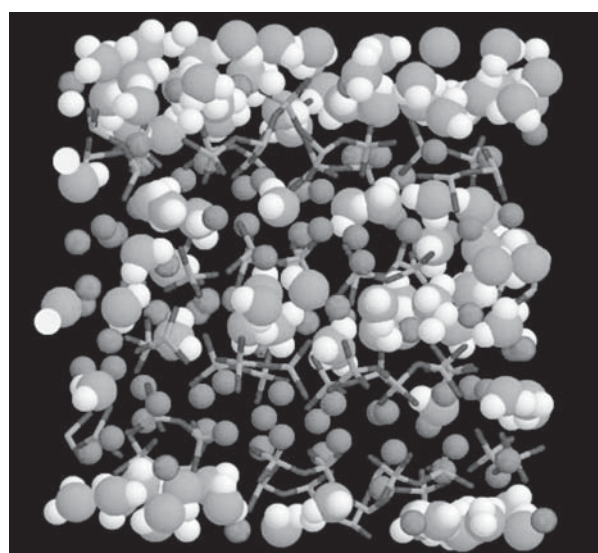


Рис. 10. Молекулярная модель CSH. Показаны атомы кислорода и водорода в молекуле воды, ионы кальция (внутрислойные и межслойные), атомы кремния и кислорода в тетраэдрах

ТАБЛИЦА 11.  
Физико-механические характеристики наночастиц по ГОСТ Р 83-2018

Тип малокричного наночастицы	Класс прочности	Основные компоненты, %		Прочность на сжатие в возрасте 28 суток, МПа, не менее
		Портландцемент или клинкер	Минеральные добавки	
Наночастица 30	К 32,5	30–34	70–66	32,5
Наночастица 35	К 42,5	35–44	65–56	42,5
Наночастица 45	К 52,5	45–54	55–46	52,5
Наночастица 55	К 62,5	55–74	45–26	62,5

дорогих суперпластификаторов и различных тонко молотых минеральных добавок.

Близость структурных мотивов атомных кальций-кислородных комплексов – кластеров в безводных высокоосновных силикатах кальция портландцемента и в гидросиликатах кальция камня способствует гидратации цементных силикатов по топомхимическому механизму – адсорбции полярных молекул воды в рыхлую кристаллическую структуру цементных высокоосновных силикатов кальция, что объясняет, не поддающиеся ранее пониманию, весьма интенсивное и быстрое по времени схватывание цементно-песчаных растворов и их превращение в камень.

Прогнозируются возможности производства бетонов нового поколения с регулируемыми свойствами на основе наноцементов, применение которых способствует формированию быстротвердеющего, трещиностойкого, прочного, плотного, водонепроницаемого и долговечного цементного камня, состоящего из оводненных высокоосновных силикатов кальция и высокодисперсных кремнеземистых фаз с развитой поверхностью массообмена, соизмеримой с удельной поверхностью наноцемента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Алесковский В.Б.** Химия надмолекулярных соединений. СПб.: Изд. СПбГУ. 1996. 256 с.
2. **Афанасьева В.Ф.** Результаты испытаний бетонов с применением наноцементов // Строительные матер., оборуд. и техн. XXI века. Серия Технология бетонов. 2012. № 9–10. С. 16–17.
3. **Бикбау М.Я.** Открытие явления нанокапсуляции дисперсных систем // Вестник РАЕН. 2012. № 3. С. 27–35.
4. **Бикбау М.Я.** Промышленные испытания технологии производства наноцементов с песком пустынь в ОАЭ. Часть 4 // Сухие строительные смеси. 2019., № 2. С. 18–21.
5. **Бикбау М.Я.** Испытания наноцементов в Канаде // Сухие строительные смеси. 2018. №2. С. 18–20.
6. **Бикбау М.Я.** Свойства и структура бетонов на наноцементах. // В сб. «Бетон и железобетон в будущее». Научные Труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону. Москва. 12–16 мая 2014 г. Т. 6. С. 158–170.
7. **Бикбау М.Я.** Особенности кристаллохимического строения и гидратации силикатов кальция и других двухвалентных металлов. Дисс. канд. тех. наук. М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева. 1972. 237 с.
8. **Бикбау М.Я.** О кристаллохимических критериях управления гидратационной активностью цементов // Изв. АН СССР. Серия «Неорганические материалы». М. 1980. Т. 16. № 27. С. 1281–1285.
9. **Бикбау М.Я., Высоцкий Д.В., Тихомиров И.В.** Бетоны на наноцементах: свойства и перспективы // Строительные матер., оборуд. и техн. XXI века. Серия Технология бетонов. 2011. №11–12. С. 20–24.
10. **Бикбау М.Я., Ильинец А.М.** Атомное строение и полиморфизм модификаций трехкальциевого силиката-основного минерала портландцемента // Строительные матер., оборуд. и техн. XXI века. Серия Технология бетонов. 2018. №11–12. С. 30–34.
11. **Бикбау М.Я., Ильинец А.М.** Особенности атомного строения и полиморфных переходов модификаций двухкальциевого силиката // Вестник РАЕН. 2018. Т. 18. № 5. С. 58–67.
12. **Бикбау М.Я., Нефедов А.С., Адильбеков К.М., Карсыбаев Е.Б.** Промышленное производство наноцементов в Республике Казахстан // Сухие строительные смеси. 2019. № 3. С. 14–19.
13. **Бикбау М.Я., Панафидин В.Н.** Бетоны на наноцементах и некондиционном нерудном сырье // Строительные матер., оборуд. и техн. XXI века. Серия Технология бетонов. 2016. №9–10. С. 42–49.
14. **Гуляева Е.В.** Реологические характеристики пластифицированных цементно-минеральных дисперсных суспензий и бетонных смесей для производства эффективных бетонов // Автореф. Дисс. канд.тех. наук по спец. 05.23.05. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2012. 23 с.
15. **Дворкин А.И., Кизима В.П.** Эффективные литые бетоны. Львов: Вища школа, 1986. 144 с.
16. **Калашников В.И.** Основы пластифицирования минеральных дисперсных систем для производства строительных материалов // Дисс. докт. техн. наук. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. 1996. 89 с.
17. **Калашников В.И.** Через рациональную реологию в будущее бетонов. Ч. 1: Виды реологических матриц в бетонной смеси и стратегия повышения прочности бетона и экономии его в конструкциях // Технология бетонов. 2007. № 5. С. 8–10.
18. **Калашников В.И.** Через рациональную реологию в будущее бетонов. Ч. 2: Тонкодисперсные реологические матрицы и порошковые бетоны нового поколения // Технология бетонов. 2007. № 6. С. 8–11.
19. **Калашников В.И.** Через рациональную реологию в будущее бетонов. Ч. 3: От высокопрочных и особо высокопрочных бетонов будущего к суперпластифицированным бетонам общего назначения настоящего // Технологии бетонов. 2008. № 1. С. 22–26.
20. **Калашников В.И.** Расчет составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов // Строительные материалы, октябрь 2008. С. 4–6.
21. **Каприелов С.С., Смирнов С.И., Кардунян Г.С.** Новые модифицированные бетоны. М.: Парадиз. 2010. 258 с.

22. **КОМАРИНСКИЙ М.В., СМИРНОВ С.И., БУРЦЕВА Д.Е.** Литые и самоуплотняющиеся бетонные смеси // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №11 (38). С. 106–118.
23. Нанотехнологии в производстве цемента. М.: «ОАО «Московский ИМЭТ». 2008, 768 с.
24. Наноцементы – будущее мировой цементной промышленности и технологии бетонов// Сборник под редакцией М.Я. Бикбау 16-й Международной конференции «Цементная промышленность и рынок», Сочи, 2018. 80 с.
25. **НЕСВЕТАЕВ Г.В., ЛОПАТИНА Ю.Ю.** Проектирование макроструктуры самоуплотняющейся бетонной смеси и ее растворной составляющей// Интернет-журнал «Науковедение». Т. 7, № 5. С. 14.
26. **ОУЧИ М.** Самоуплотняющиеся бетоны: разработка, применение и ключевые технологии // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: труды 1-й Всерос. конф. по бетону и железобетону. М., 2001. С. 209–215.
27. **КОДАМА Y.** Current condition of self-compacting concrete. Cement Shimbun, No. 2304, Dec. 1997.
28. **ОКАМУРА Н. ET AL.** Mix-design for self-compacting concrete // Concrete Library of JSCE. June 1995. N 25. P. 107–120.
29. **OZAWA K.** Development of high performance concrete based on the durability design of concrete structures // Proceedings of the second East-Asia and Pacific Conference on Structural Engineering and Construction. 1999. Vol. 1. P. 445–450.
30. **PELLENQ R.J.-M., KUSHIMA A., SHAHSAVARI R., VAN VLIET K.L., BUEHLER M.J., YIP S., ULM F.-J.** A realistic molecular model of cement hydrates // National Academy of Science. Proceedings, Wash., 2009. V. 106, 38. P. 16102–16107.
31. **SAKAI E., YAMADA K., ОНТА А.** Molecular Structure and Dispersion-Adsorption Mechanism of Comb-Type Superplasticizers Used in Japan // Journal of Advanced Concrete Technology. 2003. V. 1(1). P. 16–25.

---

**Марсель Янович Бикбау,**  
д.х.н., директор ООО «Международный ИМЭТ»

☎ 121069, г. Москва, Мерзляковский пер., д. 15,  
тел.: +7 (495) 691-11-17, e-mail: moscowimet@mail.ru

УДК 681.518:622.276

# ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ КЛАССИФИКАЦИИ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫХ ДАННЫХ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Д. В. Курганов**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Применение алгоритмов машинного обучения, в частности, для классификации и зонирования месторождений нефти и газа, является перспективным направлением при анализе разработки. Существенным условием применения метода является наличие обширной цифровой базы с представительными результатами. В работе рассмотрено применение метода кластеризации k-средних для крупного месторождения в Западной Сибири, а также проведен анализ эффективности применяемых гидроразрывов пласта (ГРП). Методика позволяет комплексировать такие параметры, как плотность текущих запасов, географическое расположение скважин, параметры проведенных гидроразрывов пласта, пористость, нефтенасыщенность. В целом это и позволяет учесть большую часть геолого-промысловых информации. Также существенно увеличивается точность прогноза продуктивности коллектора, особенно имеющего сложное строение, в том числе техногенно модифицированного.

**Ключевые слова:** *большие данные, машинное обучение, классификация, дебит, метод k-средних, нефть, скважина, выборка, месторождение, запасы, гидроразрыв пласта, продуктивность, диаграмма Вороного.*

Машинное обучение (МО) и анализ больших данных в настоящее время являются перспективными методами, получившими стремительное развитие в нефтегазовой отрасли [5].

Наряду с накоплением фактического и исторического материала по эксплуатации скважин и месторождений появляются новые возможности для установления различных закономерностей и обобщений, связанных с конкретными залежами или типами залежей. Так называемые большие данные [6], к которым относится комплекс геолого-промысловых данных, имеющийся на месторождении, подразумевают проведение определенного анализа известными методами машинного обучения [7]. В частности, имеется возможность при-

## OIL RESERVOIR CLASSIFICATION BY GEOLOGICAL AND PRODUCTION DATA USING UNSUPERVISED MACHINE LEARNING ALGORITHM

**D.V. Kourganov**

SAMARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY

In machine learning, k-means unsupervised model is used for classification analysis. In this paper k-means model is applied for productivity prediction of giant Western Siberian oilfield. An essential condition for method's application is availability of digital databases with representative results. Complex method allows combine different reservoir and production parameters: rates, porosity, saturation, frac parameters etc. The method can be particularly useful in complicated reservoirs, e.g. in dual porosity ones, where the relationship between formation parameters (permeability, porosity, saturation) and production rates is unclear and cannot be set by traditional development analysis, particularly in frac environment.

**KEYWORDS:** *Big Data, Machine Learning, Classification, Rate, k-means, oil, well, reservoir, oil in place, sample, frac, productivity, Voronoi diagram.*

менить к ним известные алгоритмы классификации для выявления зон с совокупностью определенных характеристик, непосредственно влияющих на продуктивность скважин [8]. В отличие от стандартного картирования свойств и дальнейшего анализа набора карт, применяемого в отрасли, большие данные позволяют учесть сразу всю совокупность признаков, влияющих на потенциальную добычу углеводородов, что позволяет значительно упростить процедуру размещения проектных скважин для качественной выработки запасов.

Кластеризация методом k-средних [9] является одним из так называемых неконтролируемых методов МО, в котором исходные данные разбиваются на группы по совокупности определенных признаков.

Процедура кластеризации выглядит следующим образом:

- Первоначально центры кластеров выбираются случайно.
- От каждой точки в пространстве параметров рассчитывается евклидово расстояние до центра ближайшего кластера.
- Итеративно минимизируется сумма расстояний от каждой точки до центра соответствующего кластера.

Формально задача ставится следующим образом. Пусть имеется  $m$  наблюдений (из пространства  $R^n$ ). Необходимо разбить эти наблюдения на  $k$  кластеров, при этом каждое наблюдение относится к тому кластеру, к центру (т.н. центроиду) которого оно ближе всего.

В качестве меры близости используется Евклидово расстояние:

$$\rho(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{\sum_{p=1}^n (x_p - y_p)^2},$$

где  $x, y \in R^n$ .

Таким образом, для ряда наблюдений.  $(x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(m)})$ ,  $x^j \in R^n$  метод  $k$ -средних разделяет  $m$  наблюдений на  $k$  групп (или кластеров) ( $k \leq m$ )  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ , таким образом, чтобы минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центроидов этих кластеров:

$$\min \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{x^{(j)} \in S_i} \|x^{(j)} - \mu_i\|^2 \right],$$

где  $x^{(j)} \in R^n$ ,  $\mu_i \in R^n$ ,  $\mu_i$  – центроид для кластера  $S_i$ .

Если мера близости до центроида определена, то разбиение объектов на кластеры сводится к определению центроидов этих кластеров. Число кластеров  $k$  задается заранее.

Рассмотрим первоначальный набор  $k$  средних (центроидов)  $\mu_1, \dots, \mu_k$  в кластерах  $S_1, \dots, S_k$ . Первоначально центроиды кластеров выбираются случайно или по определенному правилу (например, можно выбрать центроиды, максимизирующие начальные расстояния между кластерами).

Далее следует отнести наблюдения к тем кластерам, чье среднее (центроид) к ним ближе всего. Каждое наблюдение принадлежит только к одному кластеру, даже, если его можно отнести к двум и более кластерам.

Затем центроид каждого  $i$ -го кластера перевычисляется по следующему правилу:

$$\mu_j = \frac{1}{S_j} \sum_{x^{(j)} \in S_j} x^{(j)}$$

Таким образом, алгоритм  $k$ -средних заключается в перевычислении на каждом шаге центроида для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге. Алгоритм останавливается, когда значения  $\mu_i$  перестают меняться.

Основной проблемой данного алгоритма является то, что оптимальное значение кластеров заранее неизвестно. Одной из методик для его нахождения является определение так называемого силуэта выборки [10]. Данный коэффициент не предполагает знания истинных меток объектов, и позволяет оценить качество кластеризации, используя только саму неразмеченную выборку и результат кластеризации.

Пусть  $a$  – среднее расстояние от данного объекта до объектов из того же кластера,  $b$  – среднее расстояние от данного объекта до объектов из ближайшего кластера (отличного от того, в котором лежит сам объект). Тогда силуэтом данного объекта называется величина

$$s = (b - a) / \max(a, b).$$

Силуэтом выборки называется средняя величина силуэта объектов данной выборки. Таким образом, силуэт показывает, насколько среднее расстояние до объектов своего кластера отличается от среднего расстояния до объектов других кластеров. Данная величина лежит в диапазоне  $[-1, 1]$ . Значения, близкие к  $-1$ , соответствуют плохим (разрозненным) кластеризациям, значения, близкие к нулю, говорят о том, что кластеры пересекаются и накладываются друг на друга, значения, близкие к  $1$ , соответствуют «плотным» четко выделенным кластерам. Таким образом, чем больше силуэт, тем более четко выделены кластеры, и они представляют собой компактные, плотно сгруппированные облака точек.

Также для дальнейшего изложения необходимо привести определение диаграммы Вороного [1]. Диаграмма Вороного  $P$ , построенная для точки измерений  $x$ , характеризуется тем, что содержит те и только те точки, расстояние от которых до точки  $x$ , меньше или равно расстоянию до любой другой точки измерений  $x_j$ . При построении диаграмм Вороного используется система соседства, полученная в процессе триангуляции Делоне. Границы диаграмм Вороного  $P_i$  состоят из отрезков серединных перпендикуляров, проведенных к сторонам треугольников Делоне.

Применительно к разработке месторождений границы диаграммы Вороного могут рассматриваться как границы зон дренирования скважины.

В качестве примера взято одно из месторождений Западной Сибири, пласт БВ<sub>13</sub>. Залежь пластово-сводовая, строение сложное. Пласт характеризуется невысокой проницаемостью, значительной изменчивостью параметров по площади. На объекте пробурено 180 скважин (87 действующих добывающих, 50

действующих нагнетательных), реализована очаговая система заводнения, всего было проведено около 90 гидроразрывов пласта (ГРП). Текущая степень выработки 67%, средняя обводненность продукции – 88%. Средний дебит скважин по жидкости составляет 60 т/сут. Нефть маловязкая, с высоким газосодержанием. Стандартные методы анализа процесса разработки, в частности, фильтрационное моделирование, не позволяют детально раскрыть процессы, происходящие в пластовой системе. Адаптацию модели нельзя признать удовлетворительной, по-видимому, в процессе проведения многочисленных ГРП в пластовой системе образовалась вторая среда (система трещин), течение флюидов в которой не описывается стандартными законами фильтрации [2].

Для анализа и классификации были выбраны следующие данные: интерпретированный каротаж (пористость, насыщенность, эффективная толщина), добыча первого года промышленной эксплуатации каждой скважины, информация об использованном при ГРП количестве проппанта и разрывающей жидкости. Это важнейшие количественные характеристики процесса ГРП, которые косвенно позволяют судить о его эффективности по данной скважине. В выборку попали скважины, по которым был проведен ГРП после начала закачки на месторождении.

В дополнение к скважинным данным, была рассчитана плотность текущих запасов по каждой диаграмме Вороного. Текущие запасы были рассчитаны на основе начальных запасов за вычетом накопленных отборов по каждой скважине [3].



Рис. 1. Фрагмент месторождения с выделенными скважинами по методу k-средних

А.В. КУРГАНОВ  
ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ КЛАССИФИКАЦИИ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫХ ДАННЫХ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Коллектор был зонально разделен на три типа посредством кластеризации (Класс А, Класс Б и Класс С). С помощью расчета силуэта было установлено, что добавление четвертого класса не оказывает существенного влияния на понимание характеристик пласта и характер разработки месторождения.

В качестве параметров для кластеризации были выбраны следующие: количество проппанта, количество жидкости разрыва, площадное месторасположение скважин, плотность текущих удельных запасов на скважину по диаграмме Вороного, а также величина, характеризующая изначальное качество коллектора в смысле потенциального содержания запасов – произведение начальной нефтенасыщенности, пористости и эффективной толщины ( $S_0 \cdot \phi \cdot H_{eff}$ ). На рис. 1 приведен результат работы алгоритма с выделением скважин по описанной совокупности признаков. Рис. 2 показывает примерное эмпирическое зонирование месторождения на основе разбиения по классам скважин. Рис. 3 иллюстрирует распределение признаков по классам. Средние значения признаков приведены на рис. 4. Следует отметить, что все исходные данные прошли процедуру нормализации (приведены к интервалу [0,1] для устранения эффекта масштабирования). Северная зона характеризуется худшими показателями, центральная зона – удовлетворительными, южная – лучшими показателями (рис. 2). Все распределения параметров, так же как и средние значения, улучшаются от северной части к южной. Особенно важным представляется тот факт, что лучшая зона характеризуется большими трещинами (а



Рис.2 Фрагмент месторождения с выделенными зонами по методу k-средних

точнее, большим количеством проппанта и разрывающей жидкости). Добывающие скважины в коллекторе лучшего качества и с большими трещинами в среднем характеризуются большей добычей.

При этом следует отметить, что в процессе кластеризации отборы нефти в качестве параметров не использовались, чтобы более точно выявить влияние всех остальных параметров пластовой системы на фактическую добычу.

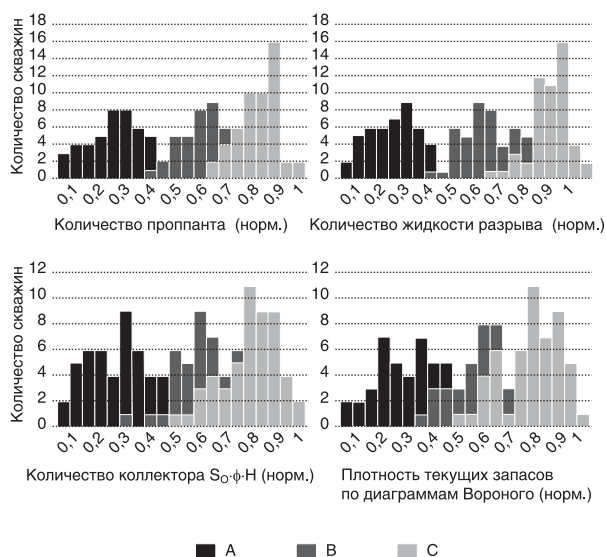


Рис. 3. Распределения нормализованных параметров модели кластеризации

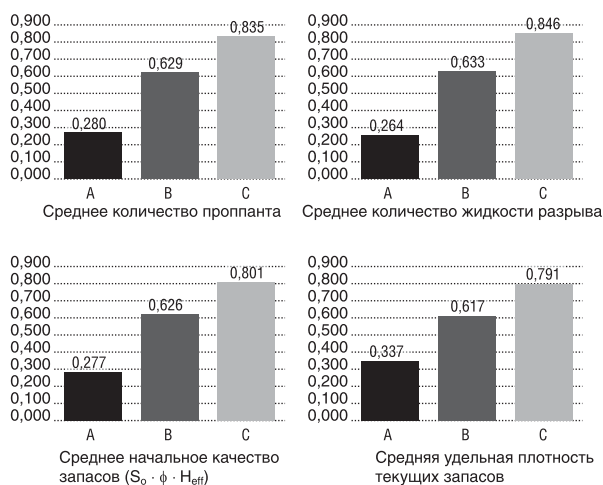


Рис. 4. Средние значения параметров по классам коллектора (нормированные)

В среднем добыча нефти скважин класса В превышает добычу скважин класса А в 1,5 раза, а добыча скважин класса С превышает добычу скважин класса В в 1,3 раза соответственно (рис. 5).

Чтобы исследовать влияние ГРП на добычу скважин, необходимо выбрать лишь те скважины, которые находятся в качественном коллекторе, исключив из анализа остальные скважины, а именно те, у которых значение  $S_0 \cdot \phi \cdot H_{eff}$  меньше среднего по классу С. При этом средним значением является 0,801. На рис. 6 приведены скважины, попавшие в качественный коллектор.

Далее рис. 7 иллюстрирует влияние параметров проведенных гидроразрывов на отборы нефти. Видно, что наличие качественного коллектора не гарантировало больших дебитов. В то же время большие объемы проппанта и разрывающей жидкости вели в среднем к увеличенному отбору.

Выполненная классификация позволяет оценить различные зоны месторождения на предмет его дальнейшего разбуривания и потенциальной продуктивности с учетом проводимых гидроразрывов пласта, позволяет выявлять значимые параметры и объемы проведения геолого-технических мероприятий, влияющих на продуктивность скважин. Также описанная методика и найденные классы могут использоваться, например, для контролируемого машинного обучения при создании моделей уплотняющего бурения. Обучив модель на найденных образцах, можно прогнозировать продуктивность новых скважин и зон месторождения, в том числе осложненных средой с двойной пористостью [4].

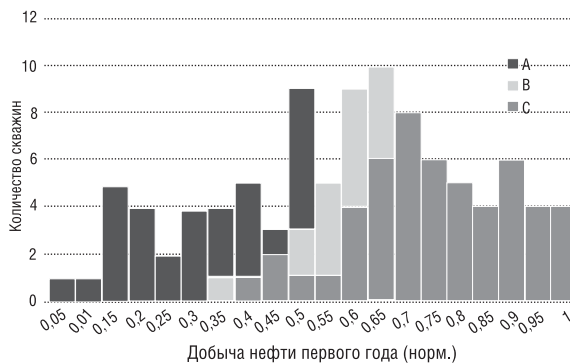


Рис. 5. Распределение дебитов по классам коллектора



Рис. 6  
 Распределение скважин, попавших в качественный коллектор

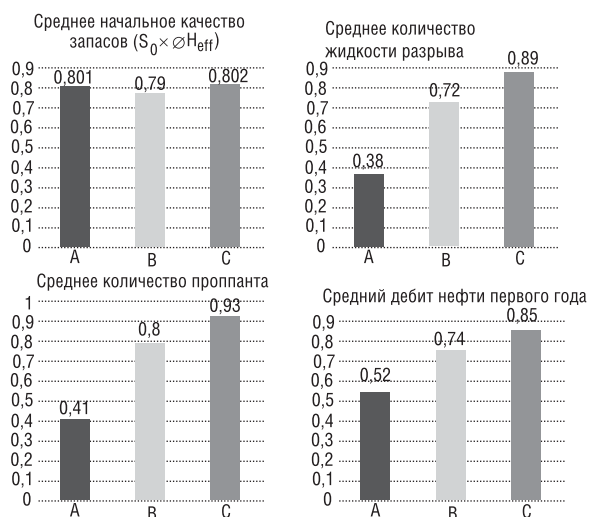


Рис. 7.  
 Распределение параметров модели по скважинам качественного коллектора

ЛИТЕРАТУРА

1. ДЕМЬЯНОВ В.В., САВЕЛЬЕВА Е.А. ГЕОСТАТИСТИКА: теория и практика. М.: Наука, 2010. 327 с.
2. КУРГАНОВ Д.В., ПОПКОВ В.И., ХМЕЛЕВСКИХ Е.И. Оценка влияния низкопроницаемых прослоев коллектора на эффективность выработки запасов нефти с использованием трехмерных гидродинамических моделей // Известия Самарского Научного центра РАН. Спец. выпуск – проблемы нефти и газа, 2002. С. 121–126.
3. КОЛЕСОВ В.В., КУРГАНОВ Д.В. Интегрированное моделирование неоднородности и связности гигантского карбонатного резервуара по геофизическим и промысловым данным на поздней стадии разработки с целью локализации остаточных запасов нефти // Материалы технической конференции SPE «Разработка зрелых месторождений», М., 2017. Р. 121–129.
4. СМЕХОВ Е.М., ДОРОФЕЕВА Т.В. Вторичная пористость горных пород-коллекторов нефти и газа, Л.: Недра, 1987. 96 с.
5. ZANGL G., HANNERER J. Data Mining: Applications in the Petroleum Industry. Katy, TX, Round Oak Publishing, 2003. 222 p.

6. FOREMAN J.W. Data Smart: Using Data Science to Transform Information into Insight, USA, Wiley, 2013. 432 p.
7. HAND D., H. MANILLA H., SMYTH P. Principles of Data Mining, USA, MIT-Press, 2001, 546 p.
8. КУРГАНОВ Д.В. О численном решении одной задачи минимизации в моделировании пластовых систем // Сибирский журнал индустриальной математики. 2003. Т. 6, №1. С. 51–59.
9. HAN J., KAMBER M., PEI J. Data Mining: Concepts and Techniques, USA, Elsevier, 2012. 703 p.
10. WU X., KUMAR V. The Top Ten Algorithms in Data Mining, USA, Taylor & Francis Group, 2009. 201 p.

Курганов Д.В.,  
 к.ф.-м.н., доцент Самарского государственного технического университета

☎ 443068, г. Самара, ул. Ново-Садовая, 10,  
 443068, Samara, Novo-Sadovaya street, 10,  
 тел.: +7 (960) 812-77-41, e-mail: Dmitri.kourganov@inbox.ru



УДК 003.26(075.8) 004(075)

# СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ФОРМАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ КРИПТОЗАЩИТЫ ИТ-СИСТЕМ

А.А. Балабанов, В.В. Кунев

Технический университет Молдовы

Обсуждается применение расширенных алгоритмов формантного анализа современной теории чисел для защиты информации от взлома и преднамеренного искажения в ИТ-системах различного назначения – конфиденциальные переговоры в режиме реального времени или обмен информацией между сервером и клиентом через локальные или внешние сети, а также телефонная и мобильная связь – на основе модифицированной RSA-m криптосистемы, в которой осуществляется быстрая смена ключей с обеспечением гарантированной защиты переговоров с небольшой или средней краткосрочностью секретности. Статья носит обзорно-исследовательский характер.

**Ключевые слова:** защита, информация, безопасность, теория чисел, сравнительный и формантный анализ, криптография, алгоритмы, RSA-m, квантовые компьютеры, пост-квантовая криптография.

## ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваемые ниже алгоритмы формантного анализа (ФА) теории чисел как эволюционный путь развития средств криптографической защиты информации на основе модифицированного алгоритма RSA-m, позволят использовать существующие подходы к защите информации на фоне экспоненциального роста вычислительной мощности квантовых компьютеров. Сегодня уже существует проблема алгоритма RSA – ведь через некоторое время решение задачи разложения простого числа на множители перестанет являться нерешаемой задачей для текущего уровня вычислительной мощности компьютеров. И это произойдет в ближайшем будущем (примерно лет через 15). Повышение вычислительной сложности процедур шифрования решается изменением параметров предлагаемой реализации алгоритмов формантного анализа для шифрации/

## MODERN APPLICATION ALGORITHMS OF FORMANT ANALYSIS FOR CRYPTO PROTECTION OF IT- SYSTEMS

А.А. BALABANOV, V.V. KUNEV

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI, UTM

The use of extended formant analysis algorithms of modern number theory to protect information from hacking and deliberate distortion in various-purpose IT systems is discussed — confidential real-time conversations or the exchange of information between a server and a client via local or external networks, as well as telephone and mobile communications on the basis of a modified RSA-m cryptosystem, in which the quick change of keys is performed, ensuring the guaranteed protection of negotiations with a small or medium short security of secrecy. The article is an overview and research nature.

**KEYWORDS:** protection, information, security, number theory, comparative and formant analysis, cryptography, algorithms, RSA-m, quantum computer, post-quantum cryptography.

дешифрации данных. Предлагаемая реализация метода рассматривается применительно к защите голосовой связи, где существуют существенные временные ограничения на процесс шифрации/ дешифрации данных, с одной стороны, и есть требование достижения гарантированной криптостойкости, с другой стороны.

Мир вокруг нас меняется постоянно и, порой, с огромной скоростью, привнося в нашу повседневную жизнь великие перемены. Сегодня мы живем в эпоху 4-й промышленной революции – информационной. Начиная с 70-х годов прошлого столетия мы каждый день узнавали о появлении новых открытий и услуг на их основе: электронный калькулятор, электронные игры, ПК, ПЛК, МК, пейджерная, потом мобильная телефонная, видео связь, мессенджеры, скайп, вайцап, вайбер, айфоны, смартфоны, видеоматрифоны, плазменные

<sup>1</sup> Информационная система (ИС) – взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, используемая для сохранения, обработки и выдачи информации с целью решения конкретной задачи. Информационная технология (ИТ) — это процесс, использующий совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления. Цель информационной технологии — производство информации для ее анализа человеком и принятия на его основе решения по выполнению какого-либо действия.

и смарт телевидение и телевизоры, оптоволоконные средства связи, интернет/интранет, изернет, локальные и распределенные системы управления, АСУ ТП и АСУП, SCADA-системы, нанотехнологии, информационные системы и технологии<sup>1</sup> и т.д. и т.п.

Развитие информационных систем и технологий в виде интернета/интранета, оригинальных, композиционных и интегративных решений – социальных сетей, сайтов, порталов, мобильной аудио- и видео связи и т.п. привело к появлению и последующему развитию концепции открытых систем, предполагающих широкое использование стандартизированных протоколов и интерфейсов. Однако, при этом возникает огромное количество проблем, связанных с несанкционированным доступом к информации, как в мобильной связи, Интернете, компьютерных системах вообще, так и в многочисленных порталах, библиотеках и сайтах и т.п.

Задача защиты информации как часть общей проблемы информационной безопасности возникает и в мобильной связи, и при обмене промышленной информацией, передаче деловой и секретной информации в банковско-коммерческих предприятиях, в государственных структурах и т.д. Информационная безопасность определяет характер и уровень возможностей и средств, препятствующих и предотвращающих разрушение системы в результате несанкционированного доступа, и др.

Использование той или иной технологии в информационных системах не должно означать ослабление информационной защиты системы. Такие свойства, как интероперабельность<sup>2</sup> и мобильность приложений, их переносимость содержат в себе источники уязвимостей для защищенности информации, поэтому защита информации в открытых системах – это особая проблема, решение которой требует разработку специальных механизмов, стандартов, ПО и др.

Другим активным полем сражения за защищенность информации является масштабируемость<sup>3</sup> ИС, явно проявляющаяся на ступени запуска спроектированной ИС в части сбора и анализа информации, формирования и передачи обслуживаемого контента, а также масштабируемости его по его объему и составу. К сожалению, даже если безопасность соглашения о крипто ключах основана на некоторых предположениях о их стойкости, то не имеет значения, обеспечивают ли они идеальную конфи-

денциальность или нет. Потому, что если у вас есть фантастический квантовый компьютер, тогда стенограмма или электронная запись сообщения при любом соглашении о ключах позволит злоумышленнику восстановить соответствующий ключ любого раннего сеанса связи.

#### НЕУЖЕЛИ КРИПТОГРАФИЯ УМИРАЕТ?

Уже сейчас существует проблема алгоритма RSA вследствие быстрого развития вычислительной мощности т.н. квантовых компьютеров – через некоторое время решение задачи разложения большого составного числа на множители перестанет уже быть нерешаемой для текущего уровня вычислительной мощности компьютеров. И это произойдет в ближайшем будущем примерно лет через 15–20<sup>4</sup>. А теперь представьте себе, что прошло десять-пятнадцать лет, и кто-то объявляет, что он построил большой фантастический квантовый компьютер. Крипто система RSA взломана и мертва. DES, DSA разрушены. Эллиптические кривые, гиперэллиптические кривые, группы классов, что угодно, мертвые, мертвые, мертвые... В «Нью-Йорк Таймс» или в «Известиях», «Figaro» и т.д. на главной странице появляется статья, в которой сообщается, что все алгоритмы с открытым ключом, используемые для защиты промышленной, банковско-коммерческой информации или интернета, были взломаны. Пользователи в шоке и панике. Возможно, после того, как квантовые компьютеры уничтожат RSA, DSA и ECDSA, пользователи интернета придут к выводу, что криптография мертва и уничтожена; что нет надежды на скремблирование информации, чтобы сделать ее непонятной и невосприимчивой к атакам; что надежное хранение и передача информации означает использование только дорогостоящих физических экранов, чтобы предотвратить появление противников/злоумышленников, атакующих информацию, например, скрывая USB-накопители внутри закрытого портфеля, прикованного к запястью доверенного курьера.

Пользователи будут обеспокоены и начнут кричать и говорить: «Боже мой, что же делать?» Ну, у нас все же еще есть криптография с секретным ключом, и у нас есть защищенные крипто системы с открытым ключом. Есть хэш-деревья. Существуют многовариантные квадратичные системы..., но нам нужно больше опыта работы с ними. Нам нужны алгоритмы,

<sup>2</sup> Интероперабельность (англ. interoperability – способность к взаимодействию) – это способность продукта или системы, интерфейсы которых полностью открыты, взаимодействовать и функционировать с другими продуктами или системами без каких-либо ограничений доступа и реализации.

<sup>3</sup> Масштабируемость информационной системы – характеризует возможность расширения системных ресурсов и её производительной мощности.

<sup>4</sup> Наберите запрос в вашем поисковике «что такое квантовый компьютер?» и вы получите о нём исчерпывающую информацию.

<sup>5</sup> NTRU (Nth-degree TRUncated polynomial ring или просто Number Theorists aRe Us) была предложена в 1995 году. В отличие от своих именитых предшественников таких как RSA или El Gamal, NTRU работает не над кольцом вычетов по модулю целого числа N, а над кольцом многочленов степени n-1, приведенных по модулю xp-1. Криптосистема NTRU основана на алгебраической структуре полиномиального кольца. Известно, поиск кратчайшего вектора в заданной числовой решетке – трудноразрешимая задача. NTRU относят к быстрым криптосистемам – ее можно использовать в устройствах с ограниченными ресурсами, поэтому она эффективна и возможно ее дальнейшее развитие и применение в пост квантовой криптографии (см. Википедию). Криптосистема McEliece представляет собой асимметричный алгоритм шифрования, разработанный в 1978 году Робертом МакЭличе. Это была первая такая схема, использующая в процессе шифрования рандомизацию, т.е. преобразование исходных данных, перед или во время зашифрования, с помощью генератора псевдослучайных чисел. Алгоритм никогда не получал большого признания в криптографическом сообществе, но является кандидатом на «пост квантовой криптографии», поскольку он невосприимчив к атакам с использованием алгоритма Шора и, в более общем плане, измеряет состояния смежного класса с использованием выборки Фурье.

как ОАЕР (англ. Optimal Asymmetric Encryption Padding, Оптимальное асимметричное шифрование с дополнением), нам нужны протоколы. У нас же есть NTRU и есть McEliece<sup>5</sup>. Мы нуждаемся в программном обеспечении, рабочем программном обеспечении для этих систем. Мы нуждаемся в ускорениях работы криптографических процессов. Мы должны знать, какие типы ключей использовать. Таким образом, нужно уже сейчас думать над этими задачами, пока еще не поздно и прежде, чем кто-то построит квантовый компьютер.

### ПОСТКВАНТОВАЯ КРИПТОГРАФИЯ

А что именно произойдет с криптографией и крипто системами?

Криптография – это наука о шифровании информации. Сегодня криптографы занимаются электронными подписями, хэш-функциями, процедурами идентификации и многим другим. Соединение SSL<sup>6</sup> с вашим банком, радио ключ-брелок вашего автомобиля, текущее обновление программного обеспечения или защита ваших мобильных разговоров – во всех этих процессах безопасность сегодня обеспечивается на фоне различных криптографических процедур.

Квантовые компьютеры будут разрушать (взламывать) самые популярные криптографические системы с открытым ключом, включая RSA, DSA и ECDSA. Но уже сейчас разрабатываются криптографические алгоритмы следующего поколения и системы, которые будут противостоять атакам с использованием квантовых компьютеров: в частности, постквантовые системы шифрования и системы подписи с открытым ключом.

Ведущие эксперты уже объединили свои усилия, чтобы понять и объяснить современное и будущее состояние квантовых вычислений, криптографию на основе хэшей, криптографию на основе секретного кода, на основе решетки и многовариантную криптографию и др.

Одним из актуальных направлений в криптографии сегодня является разработка новых методов, которые обеспечат безопасность, даже если квантовые компьютеры (пока еще фантастические) преуспеют в разрушении (взламывании) традиционных методов и криптосистем, например, таких как RSA. В этом контексте уже сейчас аналитиками рассматривается

практический крипто анализ таких пост квантовых методов, т.е. практические атаки, которые можно использовать для оценки диапазона используемых параметров шифрования. Другая часть задач связана с разработкой безопасных и защищенных электронных систем голосования. Кроме того, интерес представляют проблемы долгосрочной защиты криптографических процедур и простоты использования криптографического ПО в целом.

Неужели Криптография умирает? Более пристальный взгляд на суть такого вероятного события показывает, что, к счастью, нет никакого оправдания опасениям для возникновения возможного резкого перехода или «прыжка» с квантовых компьютеров, разрушающих криптосистемы RSA, DSA и ECDSA», на квантовые компьютеры, разрушающие саму идею использования криптографии. Уже сейчас, существует много важных классов криптографических систем, выходящих за пределы RSA, DSA и ECDSA:

- Хэш-криптография. Классическим примером является система подписи с открытым ключом в виде хэш-дерева Merkle (1979), основанная на идее Лэмпорта и Диффи (Lamport и Diffie)<sup>7</sup> цифровой подписи одного сообщения.
- Криптография на основе секретного кода. Классическим примером является закрытая криптосистема шифрования с открытым ключом Горра-кода McEliece (1978).
- Криптография на основе решетки. Пример, который, возможно, привлечет наибольший интерес, но исторически он – не первый пример, это – система шифрования с открытым ключом Hoffstein-Pipher-Silverman «NTRU» (1998).
- Криптография с многовариантными квадратичными уравнениями. Одним из многих интересных примеров является система подписи с открытым ключом «HFE» Патарина (1996), обобщающая предложение Мацумото и Имаи.
- Криптография с секретным ключом. Наглядным примером является шифр «Rijndael» (1998), Дэймона Рижмена (Daemen Rijmen), впоследствии переименованный в AES, «Advanced Encryption Standard».

Считается, что все эти криптосистемы противостоят классическим и квантовым компьютерам. Увы,

<sup>6</sup> SSL (Secure Sockets Layer – уровень защищённых сокетов) представляет собой криптографический протокол, который обеспечивает защищенную передачу информации в Интернете.

<sup>7</sup> В криптографии подпись Lamport или однократная схема подписи Lamport является одним из методов построения цифровой подписи. Подписи Lamport могут быть построены из любой криптографически безопасной односторонней функции; обычно используется криптографическая хэш-функция. Хотя потенциальная разработка квантовых компьютеров (КК) угрожает безопасности многих распространенных криптосистем, например, таких как RSA, считается, что подписи Lamport с большими хэш-функциями будут по-прежнему безопасными и в случае с КК. К сожалению, каждый ключ Lamport может использоваться для подписывания только одного сообщения. Однако в сочетании с деревьями хэш-функций для многих сообщений можно использовать один ключ, что делает его довольно эффективной схемой цифровой подписи. Криптосистема подписи Lamport была изобретена в 1979 году и названа в честь ее изобретателя Лесли Лампорта.

<sup>8</sup> Алгоритм Шора – квантовый алгоритм факторизации, позволяющий разложить число за разумное время, используя логические кубиты (квантовые биты). Алгоритм Шора был разработан Питером Шором в 1994 году. Спустя 7 лет, в 2001 году, группа специалистов IBM продемонстрировала его работоспособность.

но пока никто еще не разработал способа борьбы против алгоритма Шора («Shor's algorithm»)<sup>8</sup> – алгоритма дискретного логарифмирования квантового компьютера, который взламывает системы RSA, DSA и ECDSA и любые другие, аналогичные им системы.

Другой квантовый алгоритм, т.н. алгоритм Гровера («Grover's algorithm»), имеет некоторое отношение к этим системам; но алгоритм Гровера не так «силен и агрессивен», как алгоритм Шора, поэтому криптографы могут легко его преодолеть, выбирая более длинные размеры ключа<sup>9</sup>.

Далее мы обсудим применение расширенных алгоритмов формантного анализа современной теории чисел для защиты информации от взлома и преднамеренного искажения в ИТ-системах различного назначения – конфиденциальные переговоры в режиме реального времени или обмен информацией между сервером и клиентом через локальные или внешние сети, а также телефонная и мобильная связь на основе модифицированной RSA-т криптосистемы, которая осуществляет быструю смену ключей с гарантированной небольшой или средней краткосрочностью секретности.

Мы хотим показать, что существует возможность неограниченного роста вычислительной сложности задачи при изменении параметров предлагаемой реализации формантного анализа по сравнению с алгоритмом RSA. При этом важно, что все изменяемые параметры достижимы и легко реализуемы в рамках уже существующих аппаратных средств и не приводят к критическим задержкам важнейших параметров, а именно – скорости шифрации\дешифрации.

Один из путей избежать краха современной криптографии – экспоненциальный рост сложности вычислительных алгоритмов шифрования.

Относительно низкая скорость работы, но высокая криптографическая стойкость RSA системы заставляет разработчиков криптографов искать различные способы совершенствования этой системы для ее использования в стабильном потоке информации или для защиты информации с краткосрочной конфиденциальностью, в режиме реального времени (от нескольких минут до нескольких месяцев). В качестве примера можно выделить разговоры по мобильному телефону. Мы изучили возможность использования стандартного алгоритма RSA, который был модернизирован в новый, так называемый RSA-т, с некоторыми модификациями.

Ниже мы рассмотрим одну из процедур RSA-т, основанную не на передаче самой информации, а на отправке косвенных данных об этой информации в режиме реального времени. Количество таких данных намного меньше исходной информации, и поэтому эти данные могут передаваться в зашифрованном виде с достаточной криптоустойчивостью через каналы с ограниченной скоростью и пропускной способностью (например, 64 КБ/с) на основе использования, например, криптосистемы RSA, но без значительных задержек во времени. Для этого можно значительно уменьшить количество передаваемой информации, например, представляя ее в формантном виде, что позволит сократить время ее шифрования (дешифрования), соизмеримое с пропускной способностью мобильной связи. Другая особенность или направление улучшения алгоритмов шифрования мобильной связи основано в этом случае на использовании коротких ключей, но с высокой скоростью их замены.

#### 1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СВОЙСТВА И АКСИОМАТИКА ФОРМАНТНОГО АНАЛИЗА

Ключевым понятием формантного анализа [1, 2, 3] является понятие числовой форманты<sup>10</sup>  $F_p(M)$  (где  $M$  – неизвестное  $x$ , алгебраическое выражение или многочлен) по основанию  $p$  которое выражается в виде трехкомпонентного математического выражения.

$$F_p(M) = pk + q \quad (1)$$

Общее обозначение форманты произвольного математического выражения, например, бинорма  $M = X^2 + 5Y$  будет выглядеть следующим образом:

$$F_p(M) = F_p(X^2 + 5Y) \quad (2)$$

что означает: «форманта алгебраического двучлена  $X^2 + 5Y$  по основанию  $p$ ». Если же, например,  $p = 5$ , то форманта такого бинорма будет выглядеть так<sup>11</sup>:

$$F_5(X^2 + 5Y) = 5k + (1, 4), \quad (3)$$

где в правой части уравнения (1):  $5 = p$  – основание форманты, делитель;  $k$  – частное, целая часть от деления  $M$  на основание  $p$ ;  $q$  – неотрицательный целый остаток (1 или 4). Математический смысл форманты в этом случае будет трактоваться следующим образом:

<sup>9</sup> Алгоритм Гровера — квантовый алгоритм решения задачи перебора, то есть нахождения решения уравнения, где есть булева функция от  $n$  переменных. Американский математик Лов Гровер предложил свой алгоритм в 1996 году.

<sup>10</sup> Формантой  $F_p$  по основанию  $p$  числа, неизвестной переменной, математического выражения или многочлена называется их линейное представление в виде трёхчленной математической конструкции:  $F_p[M] = pk + q$ , где  $p$  есть база (основание) форманты,  $k$  – ядро – целая часть от деления  $M$  на основание  $p$ , и  $q$  – неотрицательный целый остаток. По своей математической сущности, т.е. с формальной стороны форманта представляет (описывает) конечное или бесконечное множество целых чисел, задаваемое формулой арифметической прогрессии.

<sup>11</sup> В [1, 2] доказано, что форманта по основанию квадрата любого числа или выражения имеет в остатке всегда только два числа: 1 и 4, что в общем виде и записывается в скобке.

Если  $X^2$  не делится на 5, то для любых целых  $X$  и  $Y$ , остаток при делении этого бинорма на 5 будет равен 1 или 4.

Неотрицательные остатки  $q$  (они могут быть и нулевыми) называются формантной скобкой (или просто скобкой), содержащей одно или несколько чисел. Количество чисел в скобке определяет многомерность форманты. Таким образом, форманта определяется тремя параметрами  $p, k$  и  $q$ . В формантном анализе доказано [1, 2], что любое число единственным образом определяется формантой по заданному основанию  $p$ .

Существуют несколько видов формант. Для большей информации заинтересованного читателя отправляем к [1–3], где описаны основные свойства, правила вычисления и преобразования формант на основе строковой формантной арифметики.

В формантном анализе (ФА) очень интересна проблема сравнения формант при условии их равенства или неравенства. Если сравниваются две разные форманты, то приходят к линейному диофантовому уравнению с двумя неизвестными. Если же сравниваются три или более формант, число неопределенностей в уравнении соответственно увеличивается.

Особенностью формантного подхода для решения линейных уравнений является то, что этот путь больше методический, и не стоит рассчитывать на его особую эффективность [1]. Другое дело, если формантный анализ используется для решения нелинейных уравнений. Покажем ниже, для примера, возможности формантного анализа в работе с нелинейными диофантовыми уравнениями.

Пример 1. Найти минимальное значение решения уравнения:

$$X^2 = 19Y + 7.$$

Так как  $X^2$  можно записать [1] в виде форманты, например, по основанию  $p = 5$   $5p + (1,4)$  то сделаем преобразование:

$$5p + (1,4) = 19Y + 7.$$

Приводя форманты в обеих частях уравнения к общему основанию  $p = 95$ , запишем скобку остатков для форманты левой части

$$(1,4;6,9;11,14;16,19;21,24,26,29;31,34;36,39;41,44;46,49;51,54;56,59;61,64;66,69;71,74;76,79;81,84;86,89;91,94)$$

и для форманты правой части  $(7,26,45,64,83)$ .

Таким образом, мы видим, что у формантных скобок только два общих числа 26 и 64, но только 64 является квадратом, следовательно  $X = 8$ , и соответственно  $Y = 3$ ; эти значения и являются наименьшими решениями для данного уравнения.

## 1.2 ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ ПО АЛГОРИТМУ RSA-MAВ

Суть предложенной процедуры заключается в использовании числовых формант, понятие которых были введены в [1] и детально объяснены в [2] и [3]. Числовые форманты позволяют нам представить любое число в виде простейшей линейной структуры. При этом время выполнения операций разложения чисел при шифровании и восстановления форманты при дешифровании будет значительно ниже, чем время, затрачиваемое на прямое использование алгоритмов классической криптосистемы RSA. Как было сказано в [1], линейные и/или нелинейные форманты, вне зависимости от разрядности числа и с использованием всего лишь трех параметров могут значительно снизить цифровой объем информационного сообщения. Преимущество такого подхода заключается в том, что так называемая база или основание форманты может быть любым составным или простым числом существенно меньшей разрядности, чем требуется для модуля  $n$  шифрования в классической криптосистеме RSA.

Рассмотрим несколько алгоритмов линейного формантного анализа для передачи информации краткосрочной секретности, позволяющих значительно сократить общее время шифрования и дешифрования, с учетом использования дополнительных кодовых операций по преобразованию сообщения.

### 1.2.1 АЛГОРИТМ ШИФРОВАНИЯ АВ1 ДЛЯ ТЕКСТОВОЙ И АРХИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Напомним [2, 3], что в формантном анализе любое число  $N$  может быть представлено в виде линейной конструкции:

$$N - pk + q,$$

где  $p$  - это основание форманты,  $k$  - ядро форманты и  $q$  - остаток. Зная эти три параметра, мы можем достаточно быстро восстановить исходное число. Благодаря данной возможности преобразования числа, можно зашифровать не само число  $N$ , а только три небольших «формантных» параметра. Разница заключается в том, что  $N$  может быть большим числом  $10^{20} \dots 10^{500}$  или даже большего порядка, а компоненты форманты  $p, k$  и  $q$  - любые целые числа, составные и/или простые, значения которых существенно меньше и определяются лишь скоростью передачи в открытом канале.

В качестве основания  $p$  форманты желательно выбирать число с подходящей длиной для RSA, к примеру, число, соответствующее блочному шифру и не снижающее скорость передачи. Это требование позволяет использовать RSA-ключи среднего размера, а наличие высокоскоростного генератора простых

чисел [4] даст возможность использовать его для быстрой генерации и смены ключей, что, разумеется, создаст дополнительные препятствия для кибер-диверсантов.

Для реализации RSA-м алгоритма в ПЗУ создается динамическая база данных. Она может быть в виде матрицы индексированных ячеек, которые содержат предварительно сгенерированную информацию. Например, матрица 100 x 100 может содержать в себе нужную процедурную информацию для 10 000 различных формант. После однократного применения всех значений  $p_{ij}$  матрицы P, алгоритм автоматически обновляет все матричные ячейки, расположенные, как на передающей, так и на принимающей стороне.

Основываясь на требованиях криптоустойчивости алгоритма шифрования, матрица в ПЗУ микропроцессора может быть построена с фиксированной или гибкой программой обновления, с автоматической или ручной передачей массива информации от одной матрицы к другой. В некоторых случаях это может быть одна и та же матрица, где имена ячеек меняются в зависимости от индексов. В таких случаях значения остатков формант и их ядер зашифровываются RSA-м алгоритмом, криптоустойчивость которого гарантирована своевременной сменой криптографических ключей для каждого дискретного (двоичного  $d$  – разрядного номера) аналогового сигнала или системы (число, байт, блок) в открытом цифровом кодовом сообщении. На принимающей стороне зашифрованного сообщения, оно расшифровывается по специальной процедуре, которая принимает переданные адреса ячеек и расшифровывает параметры каждой форманты. После этого восстанавливается истинное значение «числа-сообщения». Само сообщение может представлять собой текст на любом языке, картинку или фотографию любого класса или типа, речь или музыкальный пассаж, и т.д. На рис. 1 показана блок-схема алгоритма АВ1.

### 1.2.2 ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА АВ1 (СПЛОШНОЕ ПОТОКОВОЕ ШИФРОВАНИЕ)

1. Получение цифрового сигнала после АЦП, формирование блока: двоичное сообщение в  $32(64)$  бита.

2. В ПЗУ МикроРС телефона из матрицы оснований форманты выбирается случайным образом основание  $p_{ij}$  и записывается в ячейку  $d1$  кодового сообщения.
3. 64-битный цифровой блок, согласно ф. (1) дальше представляется в виде форманты с вычисленными ядром  $k_i = d2$  и остатком  $q_i = d3$ .
4. Выбираются случайным образом из ПЗУ криптографические RSA-ключи для шифрования  $K_i = d2$  и  $Q_i = d3$ ;
5. Формируется сообщение о форманте  $S1 = d1d2d3$ .
6. Формируется зашифрованное сообщение  $S2$  о форманте  $d1d2d3$ .
7. Зашифрованные данные отправляются в открытый канал связи.
8. 64-битный зашифрованный блок получен на приемной стороне.
9. Из 64-битного блока дешифруется адрес ячейки основания форманты  $p_{ij}$ .
10. Дешифруются параметры форманты, числа
11. Восстанавливается форманта-сообщение:  $k_i = d2$  и  $q_i = d3$ .  $F = p_{ij}k_i + q_i = p_{ij}d2 + d3$  восстановлено.

Рассмотрим простой пример, иллюстрирующий использование RSA-м алгоритма.

Пример 2. Зашифруем сообщение «РАЕН». Для простоты используем маленькие числа (в практике используются числа намного большие (на несколько порядков) числа).

1. Выберем два простых числа  $p = 3$  и  $q = 11$ . Их произведение  $N = 3 \times 11 = 33$ .
2. Найдем значение функции Ферма:  $\varphi(N) = (p-1)(q-1) = 2 \times 10 = 20$ . Далее в качестве открытого ключа  $e$  (public key) мы можем выбрать любое простое число, взаимно простое с 20, например  $e = 3$  или другое из ряда чисел  $< 20$ : 7, 11, 13, 17, 19.
3. Теперь выбираем закрытый ключ – число  $d$  (private key) Мы можем выбрать любое простое число, соответствующее зависимости:  $e \times d = 1(mod 20)$ , и т.к.  $e = 3$  то должно выполняться  $e \times d = 1(mod 20) = 1$ . Пусть  $d = 7$ . Это подходит, так как  $3 \times 7 = 21$  и  $21(mod 20) = 1$ .

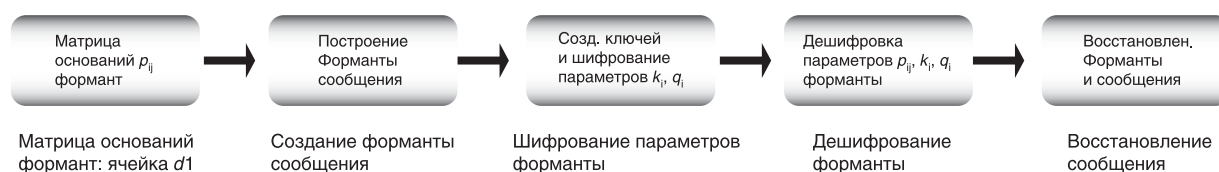


РИС. 1.

Блок-схема алгоритма АВ1

4. Представим далее зашифрованное сообщение, например, как последовательность целых чисел, и в качестве примера примем следующее (случайное) соответствие: P = 03, A = 01, E = 02, H=04,..., T=27, B = 8, Y = 31... Тогда кодовое сообщение «РАЕН» записывается в таком виде (3,1,2,4) = S1. Зашифруем данное сообщение с помощью открытого ключа  $\{e, N\} = \{3, 33\}$ .

$$\text{CryptoT1} = (P^3) \pmod{33} \quad 3^3 = 27 \pmod{33} = 27;$$

сначала возводим в степень, после этого результат делим на модуль N. Остаток от деления и есть результат шифрования.

$$\text{CryptoT2} = (A^3) \pmod{N} = (1^3) \pmod{33} = 1 \pmod{33} = 1,$$

$$\text{CryptoT3} = (E^3) \pmod{N} = (2^3) \pmod{33} = 8 \pmod{33} = 8.$$

$$\text{CryptoT4} = (H^3) \pmod{N} = (4^3) \pmod{33} = 64 \pmod{33} = 31.$$

Таким образом, открытое сообщение S1 = РАЕН = (3, 1, 2, 4) теперь представлено, как искаженное сообщение в виде числовой последовательности SE2 = (27, 1, 8, 31), которая, к примеру, может соответствовать, например, тексту «ТАБУ», т.к. предварительно использовалась кодировка алфавита: T=27, A=1, B=8, Y = 31, что совершенно не похоже на исходный текст. Цель шифрования достигнута.

5. Теперь создадим зашифрованное сообщение, для передачи через открытый канал с учетом служебной информации, например, следующего типа (она может быть любой последовательности или содержания).

Т А Б У				
003	023	027 001 008 031	0?101&	
1-я гр. кода	2-я гр. кода	3-я гр. кода	3-я гр. кода	

- Первые три десятичных числа (1-я группа кода) – длина разрядности числа для обработки части кода; она определяет длину машинного слова, т.е. для обработки сообщения надо выбирать каждые три десятичных цифры.
- Вторая группа кода из трех десятичных цифр – номер ячейки матрицы P в ПЗУ МсРС, который должен быть выбран контроллером на принимающей стороне, чтобы выполнить дешифрование сообщения.
- Третья группа в виде некоторой последовательности десятичных чисел – содержит передаваемое зашифрованное сообщение и, возможно, дополнительную информацию о ее обработке.
- Последние, 6 (или более) десятичных чисел являются оперативной рабочей информацией, например, знак конца переданного сообщения, проверка на четность, сведения для внутреннего ПО и т.д., позволяющие выполнить «технологии» расшифровки алгоритмов RSA-m (может содержать любое количество «деревьев» в зависимости от пере-

сылаемого количества битов – 16, 32, 64, от смысла каждого кода, правил его реализации и т.п. и т.д.).

Таким образом, в модельном примере, пересылая блок, например, 64 бита, неизвестно, где начинается и где заканчивается шифрованное сообщение – в начале, середине или в конце, какова его длина, или оно разбито на подблоки внутри пересылаемого блока и т.п. Так например, в приведенном выше сообщении нужно было выбрать первые и последние 6 десятичных цифр, содержащие в себе закодированную информацию о расположении шифрованного сообщения в блоке и шифрованных адресов в ПЗУ для извлечения информации о формировании сеансовых параметров дешифрования.

Итак, было создано зашифрованное сообщение (27, 1, 8, 31), что является следствием криптографии с открытым ключом  $e = \{3, 33\}$ . На принимающей стороне в ячейке  $p_i = p_{23}$  содержатся соответствующие числа: “закрытый ключ  $d = 7; N = 33$ . Поэтому шифрованное сообщение легко расшифровывается с помощью этого ключа.  $d, N = 7, 33$  Действительно, дешифрование текста 27, 1, 8, 31 = ТАБУ дает:

$$\text{Initial T1} = T = 27^7 \pmod{33} = 460353203 \pmod{33} = 3 = P,$$

$$\text{Initial T2} = A = (1^7) \pmod{33} = 1 \pmod{33} = 1 = A,$$

$$\text{Initial T3} = B = (8^7) \pmod{33} = 2097152 \pmod{33} = 2 = E.$$

$$\text{Initial T4} = Y = (31^7) \pmod{33} = 27512614111 \pmod{33} = 4 = H; (3, 1, 2, 4) \text{ «РАЕН»}, \text{ ч.т.д.}$$

### 1.3 АЛГОРИТМ АВ2

#### 1.3.1. ВАРИАНТ 1. ИНДЕКСИРОВАНИЕ ЯЧЕЕК ПАМЯТИ И ИХ ШИФРОВАНИЕ

1. Создаются 10 000 ячеек (например, матрица 100 строк x 100 колонок) для хранения ключей. Ячейки матрицы нумеруются в естественном порядке и представлены в виде переменной с двумя индексами  $p_{ij} = 0000, 0001, \dots, 9999$ . Например, ячейка № 457 имеет индекс  $p_{0457}$ , а ячейки № 4057 будет иметь индекс  $p_{4057}$ .

2. Каждая ячейка ключей  $p_{ij}(p_{ki} \rightarrow d_{ij}, n)$  код числа

матрицы ключей P будет содержать в себе номер ячейки другой матрицы, где зашифрованы ключами криптосистемой RSA-m данные форманты. Например, в очередном сеансе связи ячейка № 0027 будет содержать в себе ключ дешифрования цифры 3, ячейка № 0001 – цифры 1, ячейка № 0008 – цифры 2, и ячейка № 0031 – код дешифрования цифры 4, что соответствует дешифрованию сообщения РАЕН из Примера 2 ключом  $\{d = 7, N = 33\}$  и шифрованию ключом  $\{e = 3, N = 33\}$ . Остальные ячейки массива будут заполнены аналогично и соответствующим образом.

3. Алгоритм перемешивания ячеек в этом варианте 1 не меняет содержание ячейки. Он меняет лишь значение (адрес) индекса ячейки.

Для повышения криптостойкости алгоритмов RSA-mAB следует увеличить лишь число возможных

вариантов перебора в этом алгоритме. Для этого рекомендуется в случайном порядке изменять размер (длину) зашифрованных блоков (32,64,128...) с соответствующим изменением размеров ключей. Число и размер подобных матричных массивов зависит от долгосрочности секретной информации, от скорости работы ПК по обработке информации (современный ПК или квантовый ПК!), а также от объема контроллера ПЗУ, где будет реализован RSA-mAB.

### 1.3.2. ВАРИАНТ 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОРМАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ШИФРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФОРМАНТЫ

Сформировать блок-сообщение размером 32(64...) бит.

1. Из матрицы  $P$  оснований в случайном порядке выбирается основание форманты  $p_{ij}$ . Номер форманты записывается в сообщении  $d1$  (т.е. основание созданной форманты находится в ячейке  $d1$ ).
2. Все остальные параметры (ядро  $k_i = d2$  и остаток  $q_i = d3$ ), определяются по выбранному основанию  $p_{ij}$  в формуле (1) и записываются в сообщения  $d2$  и  $d3$ .
3. Генерируются криптографические ключи для шифрования ядер  $k_i$  и остатков  $q_i$ .
4. Формируется сообщение о форманте  $d1d2d3$ .
5. Зашифрованное сообщение передается в открытый канал связи.
6. На приемной стороне блок 32, 64...бит получен.
7. Из полученного блока на приемной стороне выделен адрес-координата ячейки  $p_{ij}$ .
8. Определено значение основания форманты.
9. Из соответствующего блока выделены  $k_i$  и  $q_i$ .
10. На основе формулы (1) восстанавливается зашифрованная форманта.

Пример 3. Рассмотрим пример шифрования сообщения «EDA» или его цифрового кода 651, который представим, как форманту, согласно формуле (1). В системе RSA-m матрица ключей из предыдущего варианта 1 заменяется на матрицу  $P$  оснований формант (см. Алгоритм АВ1) и содержит множество случайно выбранных оснований разных размеров и свойств (простые или составные). Теперь наше исходное сообщение  $S = \text{«EDA»}$  становится кодовым сообщением:  $S1 = 651$ .

- Случайным образом выбираем основание, например  $p = 54$ . В памяти контроллера запишем  $d1 = 54$ .
- Вычислим форманту числа 651 по основанию 54т. е.:  $F_{54}(651) = 12 \times 54 + 3$ . Запишем ее параметры в памяти:  $k_i = d2 = 12$  и  $q_i = d3 = 3$ .
- ПК предварительно (по умолчанию) формирует размер блока  $S1$  для шифрования (например, в виде тройки чисел):  $S1 = 054\ 012\ 003$ .

- В ПЗУ из матрицы ключей выбираем ячейку №54, где будет случайно находиться открытый ключ  $e = 5$ ;  $N = 91$  для шифрования.

- Сообщение зашифруется  
 $C_1 = 54^5 \pmod{91} = 459165024 \pmod{91} = 45$ ;  
 $C_2 = 12^5 \pmod{91} = 248832 \pmod{91} = 38$ ;  
 $C_3 = 3^5 \pmod{91} = 243 \pmod{91} = 61$ .

Искаженное сообщение SE2 будет выглядеть следующим образом: 045 038 061, что может означать, например, «РУ?» а никак не «EDA», если предварительно использовалась кодировка алфавита – ...A=01, D=06, E=06, ..., P=45, Y=38, ?=61... Теперь аналогично примеру 1 создадим зашифрованное алгоритмом RSA-m сообщение, для передачи. После формирования на передающей стороне блока со служебной информацией и передачи его по открытому каналу с последующей расшифровкой закрытым ключом, находящимся в ячейке  $p = 54 \{d = 29; N = 91\}$  на принимающей стороне, получаем:

- Дешифрование блока даст:  
 $45^{29} \pmod{91} = 8,7732983701792449409544536639-005e + 47 \pmod{91} = 54$  – основание;  
 $38^{29} \pmod{91} = 6,5121485966327745970273061677-971e + 45 \pmod{91} = 12$  – ядро;  
 $61^{29} \pmod{91} = 5,9506610744159377160582773552-62e + 51 \pmod{91} = 3$  – остаток.
- Восстановление форманты:  $S2 = 54 \times 12 + 3 = 651 \rightarrow \text{EDA.ч.т.д.}$

## 2. АНАЛИЗ СТОЙКОСТИ RSA-M В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВАРИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА

Приведенные примеры показывают, что шифрование голосовой связи происходит без непосредственного участия абонентов в процессе обмена ключами. В канале связи не фигурируют явно параметры форманты или алгоритма RSA-m. В патенте авторов [3] заявлены разные алгоритмы, требующие передачи либо всех сразу параметров форманты либо по отдельности. Если передаются только индексы ячеек, где находится информация для восстановления форманты, то для взлома такого шифра потребуется атака сплошного перебора (англ., *brute-force*) из  $n$  дискрет (где  $n$  – частота дискретизации), которая оценивается огромной временной величиной в миллиарды миллиардов лет.

Действительно, при частоте дискретизации голосового сигнала 8 кГц злоумышленнику для восстановления даже хотя бы секундного разговора, который дает мизерную информацию о сути переговоров и абонентах!, понадобится выполнить  $(8 \times 10^3)$  операций сопоставления очередности следования дискрет за 1 сек, ну пусть за 10 сек (тогда рассекречивание мобильного разговора будет идти с существенным запаздыванием и выйдет за границы гарантированного

<sup>12</sup> Для справки: имеющийся в распоряжении авторов калькулятор позволял вычислить число не более 1000!. Например,  $12! = 479001600$ . А факториал числа  $60! = 8.3209871127414E+81$  состоит из 81 цифры – огромное число, не говоря уже о 12000.



срока секретности!). И это только на одном периоде, за 1 сек. А чтобы узнать голос, разобрать смысл сказанного, надо обработать, как минимум, 10 периодов (10 сек низкочастотных периодов колебаний, т.е. огибающей несущей частоты!). Считаем: чтобы это сделать при сплошном переборе (угадывание или подбор речи по голосу или по смыслу – это разные временные задачи!), нужно предыдущую оценку проделать не менее 10 раз<sup>12</sup>, т.е. даже при 1000! Это очень большое число:

$$10 \times ((8 \times 10^3)!) \gg 1000! = 4, 0238726007709377354-3702433923E + 2567 \text{ сек} = 1,275961631396162397081-7555616534E + 2551 \approx 10^{2551} = 1 \text{ млрд лет}$$

огромное число, которое трудно оценить сразу и выходит за рамки здравого смысла при оценке реального времени взлома, Учитывая, что на сегодняшний день современные компьютеры способны выполнять до 10<sup>6</sup> операций умножения в секунду, то выполнение такого количества сравнений перестановок потребует даже при более низкой скорости дискретизации в 1 кГц уже 10<sup>2551</sup> миллиардов лет! Долго придется ждать. И с ростом частоты дискретизации  $n$ , Гц это время взлома экспоненциально растет. При увеличении частоты дискретизации голосового сигнала с 8 до 12 кГц число лет на взлом вырастет больше, чем при  $n = 1$  кГц

$$1000! = 1,2759616313961623970817555616534E+2560 \text{ лет}$$

или

$$= 1,2759616313961623970817555616534E+2551$$

млрд лет

При  $n = 12$  кГц это число вырастет в десятки тысяч раз.

Такие оценки мы получаем о криптостойкости алгоритмов ФрАн, если будем увеличивать частоту дискретизации. Но ФрАн позволяет вводить дополнительные неопределенности при шифрации/дешифровании, если в уравнение криптон-замка RSA ввести дополнительно еще параметр «а».

Как известно, асимметричная система RSA использует свойства односторонних функций для целочисленного аргумента, удовлетворяющих условиям существования решения одного из видов диофантова уравнения с параметром  $a = 1$ , см., например, [1].

$$ed = j(n) \times k + 1 \quad (1)$$

При  $a = 1$  выражение (1) представляет собой криптон-замок обычной, классической RSA.

Под расширенным алгоритмом работы (модернизированный «криптон-замок» или алгоритм RSA-м) понимается следующее диофантово уравнение, связывающее открытый ( $e, n$ ) и закрытый ( $p, q, d$ ) ключи RSA:

$$ed = kj(n) + a = kj(p) \times j(q) + a = k(p-1)(q-1) + a; a \neq 1.$$

Пример 4. Приводимый ниже пример показывает, с какими сложностями может столкнуться противник

в своей попытке раскрыть ключи RSA-м. При этом предполагается, что противник не располагает сначала сведениями, касательно введенной модернизации.

Пусть имеется RSA-м со следующими параметрами:  $p = 1181, q = 1193, n = pq = 1408933$  и  $j(n) = 1180 \cdot 1192 = 1406560$ . Тогда, согласно (1) можно записать уравнение криптон-замка для отыскания закрытого ключа  $d$ :

$$17d = 1406560 \cdot k + a = 17d|_{a=3} = 1406560 \cdot k + 3 \quad (2)$$

и, полагая  $a = 3$ , при  $k = 6$  находим  $d_{a=3} = 82739$ .

Противник, найдя разложение  $n = 1408993 = 1181 \cdot 193$  и, предполагая, что он имеет дело с классической системой RSA, будет, естественно, «атаковать» криптон-замок при  $a=1$ , вида:

$$17d_1 = 1406560k_1 + 1 \quad (3)$$

При этом  $d_1 = 496433 > d_{a=3} = 82739$ , что, как видно, отличается – значительно превышает значение ключа в реальной системе. Этот факт потребует большей операционной емкости на реализацию криптоаналитического алгоритма и загоняет противника, таким образом, за пределы возможностей ограниченных ресурсов его вычислительной техники.

Пример 5. Этот пример иллюстрирует, как, несмотря на знание разложения числа  $n$  на множители, противник сталкивается с другой проблемой – с неразрешимостью диофантова уравнения. При этом, как и в предыдущем примере, предполагается, что противник не знает о применении модернизированного алгоритма RSA.

Если в уравнении (3) левую и правую части уравнения умножить на 5, то мы получим криптон-замок вида:

$$85d_1 = 1406560k_2 + 5 \quad (4)$$

Противник, зная, что  $e_1 = 85$  (открытый ключ!) и легко раскладывая, как и в примере 1, число  $n$  на сомножители  $p = 1181$  и  $q = 1193$ , получает диофантово уравнение для отыскания закрытого ключа  $d$ , но, естественно, при  $a = 1$ , в виде:

$$85d_{a=3} = 1406560k_2 + 1 \quad (5)$$

Уравнение (5) неразрешимо вообще!, см. [1], в то время, как RSA-м с алгоритмом (4) при  $a = 5$  вполне нормально работает в диапазоне чисел вида  $N < \sqrt{n}$ . Действительно, взяв, например, в качестве открытого сообщения  $N = 13$ , мы получим:

– первый остаток по модулю (или открытое, шифрованное сообщение) при  $e_1 = 85$ :

$$N_1 = N^{85} \pmod{1408933} = 1262521 = 1,262521 \cdot 10^6$$

– второй остаток (дешифрованное сообщение), после возведения  $N_1$  в степень  $d_1$

$d_1 = 496433$ , противник просто не сможет найти, в силу его промежуточного значения (в данном примере, возведенного в 5-ю или другую степень), о чем противник не может знать.

Действительно:  $N_2 = N_1^{496433} \pmod n = 371293$ , что есть  $13^5$  и открытое истинное сообщение  $N = \sqrt[5]{N_2} = 13$ ,

Если потенциальный противник (хотя бы на некоторое время) не знает об использовании в (1) значения параметра  $a \neq 1$ , т.е. об использовании расширенного алгоритма RSA- $m$ , то такая модернизация обеспечит высокую надежность RSA даже с малой длиной ключа.

Если передаваемые блоки информации малы (короткие), а необходимо обеспечить высокую криптостойкость (для чего и выбирается длинный ключ), то в этом случае вместо дополнения текста пустыми битами можно осуществить операцию возведения в степень. Криптостойкость такой системы будет никак не ниже криптостойкости классической RSA с такой же длиной ключа,  $a$  неопределенный для противника параметр  $a$  затруднит дешифрацию. При этом следует учесть, что в случае размещения содержательной информации в  $M$  – блоках, нахождение  $a$  будет нелегким делом, особенно, если значения  $a$  от блока к блоку будут меняться!

Итак, применение расширенного алгоритма RSA вводит дополнительный неопределенный параметр  $a$ , подлежащий определению, что потенциально увеличивает время «взлома» и в случае шифрования краткосрочной (по секретности) информации может служить средством повышения криптостойкости системы (например, при оперативных переговорах). Тем не менее следует учитывать, что, хотя введение дополнительного неопределенного параметра  $a$  возможно и увеличивает криптостойкость, будь  $a$  достаточно большим, т.е. не «поддающимся» т.н. «атаке грубой силы» или элементарному перебору, но поскольку в предлагаемом подходе на размер  $a$  налагаются определенные ограничения, то увеличение стойкости он дает только при частой смене ключей.

#### 4 ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ RSA-М АЛГОРИТМ С БЫСТРОЙ СМЕНОЙ КЛЮЧЕЙ

1. Ключи шифрования и дешифрования изменяются и генерируются случайным образом (или выбираются из матрицы ключей) для каждого блока-сообщения, что исключает возможность предсказать следующую пару ключей. На определенный период, нужный для факторизации модуля открытого ключа, криптографические ключи так же как определение плавающего кода будут меняться несколько раз. Более того, для того, чтобы войти в систему, взломщик должен знать число  $N$  и открытый ключ. Он даже не в состоянии определить размер (число цифр) числа  $N$ . Это значит, что он не знает какое число разлагать на множители. Именно поэтому криптостойкость подобной системы почти абсолютна!
2. Главный изъян современной системы RSA состоит в ее недостаточной скорости шифрования/

дешифрования (производительности), что уже отмечалось выше. Предложенная модернизация системы не требует поддержания криптостойкости очень долгое время. Достаточно гарантировать, что не будет расшифровано сообщение какое-то время, необходимое для смены кодов. В этом случае даже короткие ключи будут для нас приемлемы, генерирование которых не займет долгое время.

3. Предложенная система может быть реализована в системах контроля доступа, основанных на различных физических принципах взаимодействия «ключа» и «криптон-замка». Это могут быть как контактные, так и автономные системы, основанные на обмене радиосигналами, инфракрасном и оптическом обмене, и т.д.
4. Одной из современных тенденций в криптографии является разработка новых методов, обеспечивающих информационную безопасность, даже если фантастические квантовые компьютеры преуспеют в разрушении (взломе) традиционных методов и криптосистем, таких как RSA. Применение Формантного анализа – эволюционный способ разработки средств криптографической защиты на основе модифицированных алгоритмов RSA- $m$ . Это объясняется тем, что они позволяют использовать уже существующие подходы к защите информации на фоне экспоненциального роста вычислительной мощности быстро развивающихся квантовых компьютеров. Проблема с алгоритмом RSA уже ясна – через некоторое время задача факторизации большого числа перестанет быть неразрешимой проблемой для вычислительной мощности компьютеров. И это произойдет в ближайшем будущем (примерно через 15–20 лет). Но увеличение вычислительной сложности проблемы может быть решено уже сегодня, например, путем изменения одного и / или введением новых дополнительных параметров в предлагаемую реализацию алгоритмов формантного анализа для шифрования / дешифрования данных. Описанный вариант реализации нашего метода рассматривается лишь в отношении защиты речи, где, с одной стороны, существуют значительные временные ограничения на процесс шифрования / дешифрования данных и с другой стороны существует требование обеспечить гарантированную криптографическую стойкость.
5. Квантовые компьютеры будут уничтожать (взламывать) самые популярные криптографические системы с открытым ключом, включая RSA, DSA и ECDSA. Но уже разрабатываются криптографические алгоритмы и системы следующего поколения, которые будут противостоять атакам с использованием квантовых компьютеров: в частности, системы постквантового шифрования и системы подписи с открытым ключом. Модифи-

цированный RSA-т тоже отвечает этим задачам, поскольку его алгоритмы обеспечивают возможности неограниченного роста вычислительной сложности криптоанализа путем изменения существующих и введением новых параметров, что делает RSA-т более сложным по сравнению с RSA, которая не обладает такими возможностями. В то же время все изменяемые параметры достижимы и легко реализуются в существующем оборудовании и не приводят к критическим временным задержкам вычисления параметров в реальном времени, а именно скорости шифрования / дешифрования.

6. Включение в процесс шифрования дополнительных параметров криптографирования, связанных с использованием формант, а также введение дополнительного параметра «а» в уравнение криптон-замка, усложняют задачу взлома, требуя на эти операции дополнительное время, которое очень велико. При скоростях дискретизации голосовой связи от 4-до 12 кГц это время превышает все мыслимые величины здравого смысла! Поэтому такой криптосистеме с комбинированным и модернизированным алгоритмом RSA-т не страшен надвигающийся кризис современной криптографии, связанный с появлением фантастически скоростных квантовых компьютеров.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все рассмотренные выше примеры подчеркивают, что зашифрованные голосовые сообщения, передаваемые в режиме реального времени со скоростью передачи примерно 64 kb/сек возможны при использовании коммуникационных каналов, таких как Телеграмм или Мессенджер.

Совершенно ясно, что возможны и другие варианты использования формант для передачи не только речи, но и других сообщений, например, в [3], где описаны 10 различных подходов. Мы рассмотрели самые очевидные. Кроме того, в нашей библиотеке алгоритмов есть расширенный алгоритм *AB - univ*, позволяющий использовать в реальном времени все вышеперечисленные алгоритмы для современных крипто задач. Ясно, что такое сообщение будет гораздо труднее расшифровать в реально короткий срок. Даже при перехвате и копировании сообщения на жесткий носитель, оно не сможет быть достаточно быстро расшифровано, т.к. взломщику понадобятся на это десятки и даже тысячи лет. Потому, что противник не знает ни ключей, ни их длин, ни модуля шифрования, ни размеров блока, не говоря уже о правилах перехода от одного ключа к другому. Кроме того, он вообще не знает ключей. Это внутренняя информация крипто системы. Внешне сообщение может быть одного и того же типа, но его информационное содержание будет различным во время каждого сеанса общения

– ведь одни и те же фонемы будут представлены в сообщениях различными кодами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **БАЛАБАНОВ А.А., АГАФОНОВ А.Ф.** Сопоставительный анализ и его приложения. Классические и современные задачи теории чисел и криптографии.- изд.Lambert, Германия. 2016. 197 с.
2. **БАЛАБАНОВ А.А., КУНЕВ В.В.** Защищенные ИТ-системы на основе алгоритмов формантного анализа / изд.Lambert, Германия. 2016. 215 с.
3. **БАЛАБАНОВ А.А., КУНЕВ В.В.** Способ шифрования двоичной информации и устройство для его осуществления/ – патент РМ №а 2016 0046.
4. **БАЛАБАНОВ А.А., АГАФОНОВ А.Ф., РЫКУ В.А.** Алгоритм быстрой генерации ключей в криптографической системе RSA,/ ВНТР N7\_2009.
5. **МОЛДОВЯН Н.А., МОЛДОВЯН А.А., ЕРЕМЕЕВ М.А.** Криптография: от примитивов к синтезу алгоритмов. СПб.: «БХВ-Петербург». 2004.
6. Сайт о пост квантовой криптографии. <https://pqcrypto.org/>
7. **BERNSTEIN D.J., BUCHMANN J., DANMEN E.** Post-Quantum Cryptography
8. **ANDERSON R., VINAM E.** Two Practical and Provably Secure Block Ciphers: BEAR and LION// <http://citeseer.ist.psu.edu-1995>.
9. **KELSEY J.РЕ.** Chainingciphers//<http://cypherpunks.venona.com>.

**Анатолий Александрович Балабанов,**  
профессор кафедры инженерия Soft, фак. ВТ Микро-  
электроники и Информатики Технического университета  
Молдовы

✉ e-mail: [bbalsoft@gmail.com](mailto:bbalsoft@gmail.com)

**Вячеслав Валентинович Кунев,**  
аспирант, магистр Технического университета Молдовы  
ИО ИТ-компания

Бульвар Штефан чел Маре, 168, МД-2004, Кишинев, Респу-  
блика Молдова

✉ e-mail: [kunev@deeplace.md](mailto:kunev@deeplace.md)  
168, Stefan cel Mare Blvd., MD-2004, Chisinau, Republic of  
Moldova

*Научные статьи по итогам молодежного конкурса «Технические и инженерные науки» на соискание премии имени академика А.И. Берга.*

УДК 621.37

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК ЭЛЕКТРОННЫХ СВЧ-ПРИБОРОВ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

В.И. Галкин<sup>1</sup>, П.А. Головкин<sup>2</sup>,  
А.В. Волков<sup>2</sup>, А.В. Крюков<sup>3</sup>

<sup>1</sup> МАИ Национальный  
исследовательский институт,

<sup>2</sup> АО «ПЛУТОН»,

<sup>3</sup> АО «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИМ. АКАДЕМИКА А.И. БЕРГА»

Анализируется влияние горячей деформации на структуру и свойства сплавов системы алюминий–магний, при изготовлении корпусов микросборок изделий СВЧ-приборов, связь механизмов деформации с протеканием рекристаллизационных процессов и образованием интерметаллидных фаз. В части возможности повышения качества улучшения их вакуумной плотности за счет оптимизации структурных изменений при их изготовлении, на основании критериального подхода по количеству выделенных интерметаллидов в сплаве типа АМг.

**Ключевые слова:** *алюминиево-магниево-сплавы, микроминиатюризация, микросборки, фазы, свойства, коррозионная стойкость, разрушение, размер зерна, критерии, принцип минимакса функций, вариационный принцип Лагранжа, герметичные корпуса, вакуумная плотность, алюминиевые сплавы, структура материала, горячекатаные плиты, прессованные прутки, сложнаяковка.*

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Микросборки являются ответственными узлами изделий специального назначения и относятся в свою очередь к изделиям ответственного и особо ответственного назначения обеспечивающие вакуумную плотность не менее чем 15 лет, широко применяются для изготовления герметичных сварных конструкций

В.И. ГАЛКИН, П.А. ГОЛОВКИН,  
А.В. ВОЛКОВ, А.В. КРЮКОВ  
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК  
ЭЛЕКТРОННЫХ СВЧ-ПРИБОРОВ ЗА СЧЕТ  
ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

### IMPROVING THE QUALITY OF MICROWAVE ELECTRON MICROWAVE INSTRUMENTS - DETAILED AT OPTIMIZATION OF STRUCTURAL CHANGES

V.I. GALKIN<sup>1</sup>, P.A. GOLOVKIN<sup>2</sup>,  
A.V. VOLKOV<sup>2</sup>, A.V. KRYUKOV<sup>3</sup>

<sup>1</sup> MAI NATIONAL RESEARCH INSTITUTE,

<sup>2</sup> JSC «PLUTON»,

<sup>3</sup> JSC «CNIRTI THEM. ACADEMICIAN  
A.I. BERG»

The influence of hot deformation on the structure and properties of alloys of the aluminum – magnesium system, in the manufacture of microassembly cases of microwave devices, the relationship of deformation mechanisms with the recrystallization processes and the formation of intermetallic phases is analyzed. In terms of the possibility of improving the quality of improving their vacuum density by optimizing structural changes during their manufacture, based on the criterial approach in the number of selected intermetallic compounds in an alloy of the AMg type.

**KEYWORDS:** *aluminum-magnesium alloys, microminiaturization, microassemblies, phases, properties, corrosion resistance, destruction, grain size, criteria, minimax principle of functions, Lagrange variation principle, hermetic bodies, vacuum density, aluminum alloys, material structure, hot-rolled plates, extruded rods, complex forging.*

ответственного назначения, в качестве примера которых можно привести переходники топливных систем ракетносителей, систем кондиционирования мощных импульсных радиолокационных устройств, и прочее. При этом, несмотря на многолетнюю практику изготовления, нарушение вакуумной плотности корпусов микросборок является распространенной

причиной электрического пробоя и выхода из строя их электронной начинки. Проблеме гарантированного поддержания рабочей атмосферы изделий микроминиатюризации посвящен целый ряд работ [22, 23], однако они не рассматривают такой фактор, как структура и свойства материала изготавливаемых обычно из алюминиевых сплавов АМг6 и АМг61 системы Al–Mg [6]. Перед пайкой на корпуса микросборок наносится полученное химическим методом покрытие в виде соединения никеля с фосфором (далее – химический никель), характеризующее высокой коррозионной стойкостью, способностью экранировать высокочастотные электромагнитные излучения, а также низким переходным сопротивлением на электрических контактах и хорошей паяемостью [14].

#### ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИХ КОРПУСОВ

Как показывает производственная практика, потеря герметичности корпусов микросборок обычно имеет место по одной из трех причин – течи по материалу корпуса, отслоению покрытия от основного материала, либо течи по трещинам, образовавшимся в процессе химического никелирования корпуса и крышки микросборки перед пайкой. Рассмотрим природу указанных нарушений герметичности.

Как правило, корпуса микросборок изготавливают из горячекатаных алюминиевых плит [7, 8], обосновывая их применение простотой технологического процесса. При этом не учитывается высокий уровень полученных в процессе прокатки внутренних напряжений в материале, который тем выше, чем больше толщина плиты, и достигает до 40% его сопротивления деформации [20]. При этом в структуре горячекатаных плит формируются строчки интерметаллидных фаз  $Mg_2Al_3$  и  $Mg_3Al_8$ , особенно активно в зонах локализации деформаций и разрыва их скоростей [4] (рис. 2).

Сочетание строчечного расположения электроотрицательных интерметаллидных фаз и остаточных напряжений вызывает в материале горячекатаных плит развитие разрушительных процессов, развитие межкристаллитной коррозии, что приводит к понижению прочностных характеристик сплава [21]. С учетом сформированных в поверхностном слое корпусов микросборок в процессе химического никелирования [9] растягивающих напряжений теряется вакуумная плотность их материала.

Остаточные напряжения различного знака, сформированные в процессе последовательности технологических операций, накладываются друг на друга, и нанесенное покрытие формирует в поверхностном слое материала детали напряжения растяжения, разрушающие ее в направлении проката по интерметаллидным цепочкам.

Другим следствием использования для изготовления корпусов микросборок направленного материала горячекатаных плит является неравномерность нанесения на заготовки корпусов покрытия химического никеля. С учетом особенностей адгезии поверхности [24], наносимое покрытие наиболее активно формируется на торцах заготовки с выходом на ее поверхность перерезанных в процессе механической обработки волокон алюминиевого сплава и строчек интерметаллидных фаз. В то же время нанесение покрытия на поверхностях корпусов заготовок с параллельным им направлением волокна затруднено, вплоть до появления непокрытых «лысых» зон. Соответственно, далее в этих зонах невозможно качественное нанесение припоя и герметизация рабочего пространства микросборок.

КСИФ как один из обобщенных критериев качества алюминиево-магниевого сплава. Интересно рассмотреть вопрос влияния технологических параметров деформации на структуру и свойства алюминиево-магниевого сплава с точки зрения критерия подхода. Для получения равномерно деформированной мелкозернистой структуры, с заданным уровнем прочностных и коррозионных свойств,

необходимо соблюдение заданных значений множества комплексных и симплексных критериев [5, 11]. А именно: величины температуры нагрева, деформации, градиента температур и силы трения на поверхности поковки ↔ инструмент, скорости деформации, сменяемости очагов деформации, и других.

Моделирование происходящих в металлическом материале

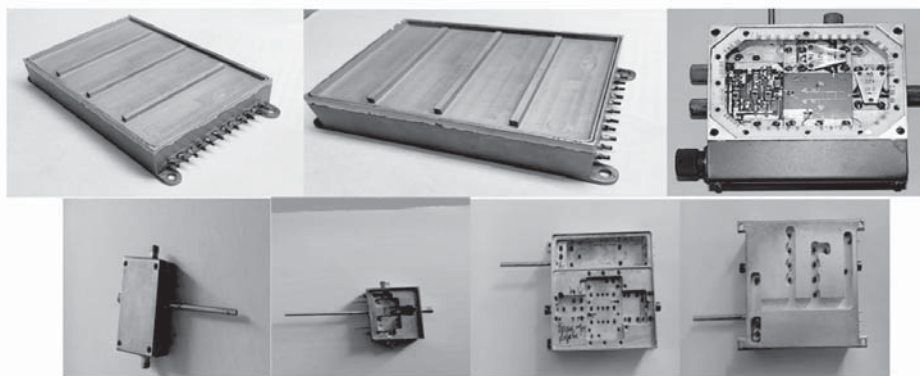


Рис. 1.

Общий вид покрытых химическим никелем корпусов микросборок

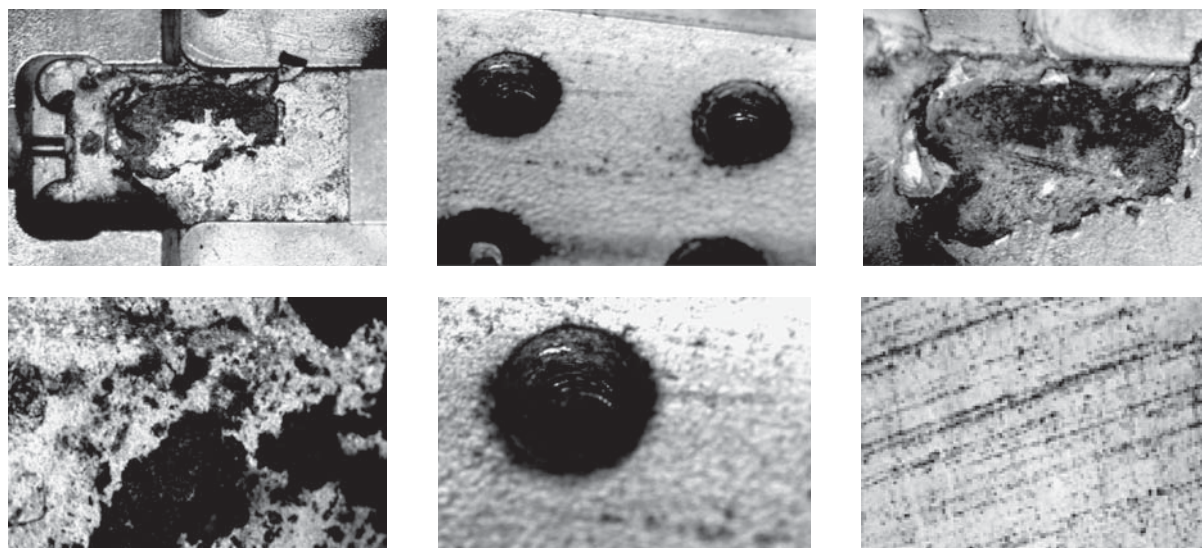


Рис. 2.

Нарушение покрытия в следствии межкристаллитной коррозии  $Mg_5Al_8$  в деталях из материала горячекатаной плиты

процессов, как создание их неотожествленного подобного аналога, подразумевает составление системы симплексных и комплексных критериев [5, 11]. Исходя из условия непротиворечивости критериев [5] и выбора решений по многим критериям [1], упорядоченным по важности [19], с многоэтапным уменьшением размерности пространства признаков [5], можно сделать вывод о КСИФ как одном из обобщенных критериев качества поковок из алюминий-магниевого сплава.

Для формирования функции технологических и взаимодействующих с ними параметров в систему критериальных уравнений, определяющих своим решением заданной величины КСИФ, необходимо произвести формирование системы критериев с преобразованием абсолютных единиц измерения в относительные [5]. Задача может быть решена путем оптимизации на основе принципа минимакса функций [19], включая вариационный принцип Лагранжа [13], согласно которому истинное состояние системы отличается от всех возможных минимальным значением полной энергии.

Алгоритм решения задач оптимизации критериальным методом может включать в себя следующие основные этапы [15]:

1. Нелинейная прямая задача заменяется двойственной задачей с нелинейной целевой функцией и ограничениями в виде ортогональной системы линейных уравнений. В прямой задаче переменными являются физические параметры  $\chi$ , а в двойственной – критерии подобия  $\pi$ , то есть безразмерные комбинации параметров  $\chi$ .

2. Путем решения ортогональной системы уравнений рассчитываются оптимальные значения критериев подобия.

3. Полученные критерии подобия подставляются в целевую функцию двойственной задачи и вычисляется ее оптимальное значение.

Полученное оптимальное значение одновременно является оптимальным решением и прямой критериальной задачи, поскольку прямая и двойственная задачи соотносятся как  $d(\pi_0) = y(\chi_0)$ . Характерным здесь является то, что оптимальное значение критерия  $y_0$  вычисляется без определения оптимальных значений переменных  $\chi_0$ .

Основную сложность приведенного алгоритма составляет вычисление оптимизирующего вектора критериев. Решаются построенные из условий ортогональности системы уравнений [15] (2):

$$\begin{aligned} \pi_1 - \pi_2 - 2\pi_3 &= 0 \\ -\pi_3 + \pi_4 &= 0 \\ \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 &= 1 \end{aligned}$$

При этом функции  $d(\pi)$  и  $y(\chi)$  находятся в соотношении  $y(\chi) \geq d(\pi)$ . Это значит, что если переменным  $\chi$  и  $\pi$  придать численные значения, то в соответствии с принципом минимакса, для полученных  $y(\chi)$  и  $d(\pi)$  оптимальное решение задачи будет лежать между ними [15]. Это свойство двойственных задач может быть использовано для построения итерационного процесса определения оптимального решения. Тогда двойственная функция будет выглядеть как [15]:

$$d(\pi) = (\pi_1/\pi_{10}) \pi_{10} (\pi_2/\pi_{20}) \pi_{20} (\pi_3/\pi_{30}) \pi_{30} (\pi_4/\pi_{40}) \pi_{40} \quad (3)$$

где  $\pi_{10}, \pi_{20}, \pi_{30}, \pi_{40}$  – критерии подобия.

Таким образом, могут быть определены максимально допустимые значения накопленных деформаций при критической величине допустимых температур. Последние легко задать исходя из диаграммы

состояния Al–Mg [22, 23] и закономерностей образования интерметаллидных фаз [3, 16]. Далее можно определить крайние и оптимальные технологические параметры для формирования качественной структуры материала поковки, как-то: форма заготовки, конфигурация оснастки, режимы деформирования и т.д. При этом задача определения числа симплексных и комплексных критериев решается на основе π-теоремы Букингема–Ван Дрифта [5].

Задача дальнейшего уменьшения числа критериальных признаков может быть решена на основе их последовательного группирования [20]. В случае, когда количество технологических признаков велико, и их параметры трудно сравнимы между собой, следует сформировать функции, обеспечивающие решение задач многокритериальных технологических решений в пространствах меньшей размерности [20]. В таком случае, пространство технологических параметров последовательно объединяется в ограниченное число критериев, в том числе безразмерных, решающих для получения качественного металлического материала.

Задача многокритериального отбора в общем виде формулируется так, что для каждого критерия  $Y_i$  с полем допустимых значений  $Y_i = \{Y_{i1}, \dots, Y_{ig_i}\}$  (4) исходными являются критерии  $X_i$  с допустимым полем значений  $X_i = \{x_{i1}, \dots, x_{ig_i}\}$  (5), где  $g_i$  – количество критериев в группе. Пример типового блока критериев  $i$ -го уровня приведен в [21]. Определение технологических решений и численных параметров, обеспечивающих наилучшие характеристики металлического материала, производится с применением принципа минимакса функций  $y(\chi)$  и  $d(\pi)$  для решения оптимизационной задачи критериальным методом [17, 21].

Иерархическая критериальная система может формироваться как «сверху вниз», когда критерии рассматриваемого уровня «делятся» на несколько критериев более низкого уровня, так и «снизу вверх», когда критерии очередного уровня группируются в критерии более высокого уровня [20]. Упрощенная иерархическая модель последнего типа представлена на иерархической модели на верхнем уровне иерархии

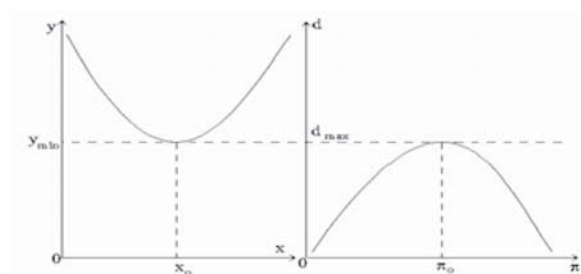


Рис. 3. Принцип минимакса функций  $y(\chi)$  и  $d(\pi)$  для решения задачи оптимизации [17]

( $i=3$ ) содержит результирующие комплексные критерии  $\square 31$  и  $\square 32$ , четыре промежуточных комплексных критерия и шесть исходных частных критериев, образующих трехуровневую ( $i=1, 2, 3$ ) критериальную систему. Обозначения критериев включают два индекса: верхний указывает номер уровня расположения критерия, а нижний содержит номера частных критериев, которые входят в его состав [20].

На уровне ( $i=1$ ) частные критерии сгруппированы в шесть, а на уровне ( $i=2$ ) в четыре группы, каждая из которых в данной системе является одновременно условно единичным критерием. Комплексные критерии следующего уровня соотносятся с критериями предыдущего уровня и между собой как:  $\square 0123456 = \{\square 1, \square 2, \square 3, \square 4, \square 5 \square 6\}$ ;  $\square 21 = \{\square 11, \square 12, \square 13, \square 14, \square 15 \square 16\}$ ;  $\square 31 = \{\square 21, \square 22, \square 23, \square 24\}$ ;  $\square 32 = \{\square 31, \square 21, \square 22, \square 23, \square 24\}$  (6), и т.д.

Критерии каждого следующего уровня получены частичным группированием критериев уровня предыдущего. При этом верхний уровень  $i=0$  образуется общим критерием годности металлического материала (то есть, равен 1), который включает в себя все частные критерии трех уровней:  $\square 0123456 = \{\square 1, \square 2, \square 3, \square 4, \square 5 \square 6\}$  (22).

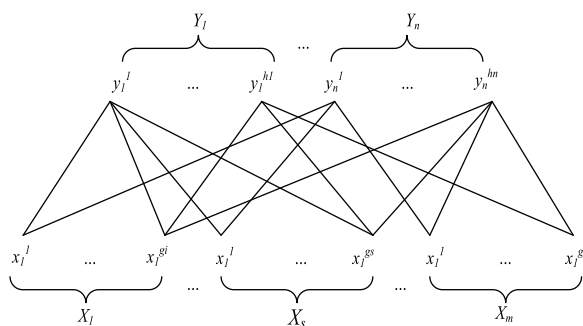


Рис. 4. Структура типового блока взаимовлияния критериев

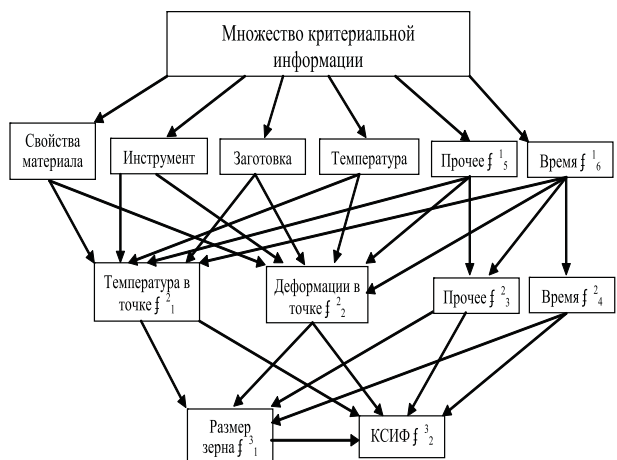


Рис. 5. Упрощенная иерархическая система для критериев размера зерна и КСИФ

Каждый комплексный критерий можно рассматривать также как результат взаимодействия составляющих его частных критериев и как образованный ими векторный критерий. При этом с учетом коэффициентов важности  $a_1, \dots, a_{36}$  критериев всех уровней, их векторная сумма равна  $a_1=1$  [25].

Поскольку основанные на применении метода конечных элементов программные средства [26] принимают материал заготовки исходно изотропным, без начальных напряжений и деформаций, для расчета изменения КСИФ, его начальное значение должно закладываться на основе опытных данных. Также на основе опытных данных следует уточнять весовые коэффициенты критериальных уравнений. При этом все происходящие в металлическом материале процессы должны учитываться в расчетах на основе синергетического подхода [12].

На основе проведенного анализа, КСИФ можно считать одним из основных критериев, наряду с размером зерна и прочностными характеристиками. Исходя из постулатов решения оптимизационных критериальных задач [3, 13, 15–18, 25], прочностные показатели являются производными от двух первых критериев. При этом имеет место большая ценность КСИФ относительно критерия размера зерна.

#### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВАКУУМНОЙ ПЛОТНОСТИ МАТЕРИАЛА КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК

Анализ влияния деформации на структуру и свойства полуфабрикатов и деталей из алюминисево-магниевого сплава показывает, что эффективным методом повышения их качества является максимально равномерная деформация с достижением минимального уровня остаточных напряжений и по возможности ненаправленного характера расположения интерметаллидных фаз [4].

Такие параметры материала могут быть достигнуты путемковки полученных из прессованных прутков [10] мерных заготовок по рекомендованным ВИАМ схемам [18]. При этом понижение температуры деформации является дополнительным способом повышения равномерности деформационных и рекристаллизационных процессов и уменьшения процентного содержания в материале поковки электроотрицательных нежелательных интерметаллидных фаз [4]. Ковка

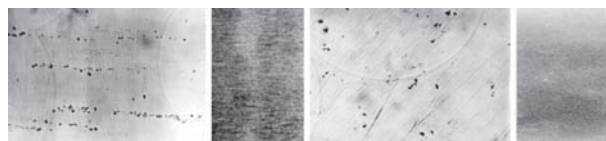


Рис. 6.

Сплошные (слева) и разорванные (справа) строчки включений интерметаллидов и поковки ( $\times 200$ ) и их макроструктуры

В. И. ГАЛКИН, П. А. ГОЛОВКИН,  
А. В. ВОЛКОВ, А. В. КРЮКОВ  
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК  
ЭЛЕКТРОННЫХ СВЧ-ПРИБОРОВ ЗА СЧЕТ  
ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

по сложным схемам, путем разбиения и перемешивания волокон исходного материала заготовки, дополнительно выравнивает термодинамический потенциал [24] поверхности заготовки корпуса микросборки, обеспечивая равномерное нанесение слоя никеля с минимальным уровнем сформированных растягивающих напряжений.

Производственно экспериментальный опыт позволяет рекомендовать следующую технологическую схему получения заготовки корпуса микросборки под химическое никелирование. Заготовку под ковку следует получать из прессованного прутка, отношение длины заготовки к ее диаметру должно обеспечивать возможность ее осадки в процессековки (целесообразно не более 2,5). Ковку следует производить с нагрева до  $320\text{--}340^\circ\text{C}$ . Нагрев до более высоких температур приведет к резкому росту неравномерности деформационных процессов и активному формированию цепочек электроотрицательных интерметаллидных фаз  $\text{Mg}_2\text{Al}_3$  и  $\text{Mg}_5\text{Al}_8$ . Наилучшее качество материала корпуса микросборки обеспечивается при деформации заготовки по схеме №3 ВИАМ [2].

#### ВЫВОДЫ

1. Изготовление корпуса микросборки из полученной по схеме сложнойковки заготовки обеспечивает равномерное нанесение никелевого покрытия с минимальным уровнем сформированных в поверхностном слое материала заготовки растягивающих напряжений.

2. Сложная ковка при пониженной температуре обеспечивает разрушение цепочек интерметаллидов в материале корпуса микросборки, препятствуя развитию межзеренных трещин и потере вакуумной плотности.

3. На основе выявленных взаимосвязей между такими показателями, как твердость материала поковок, его структурой, свойствами, и КСИФ, определены и опробованы технологические приемы, реализующие ограничение формирования интерметаллидных фаз в процессе горячей деформации сплавов типа АМг.

4. Исходя из постулатов критериального подхода, как то, непротиворечивости, уменьшения размерности пространства признаков и других, прочностные показатели являются производными от критерия КСИФ, важность которого превышает важность критерия размера зерна

5. Оптимизационная задача выбора технологических параметров может быть решена на основе принципа минимакса критериальных функций и вариационного принципа Лагранжа. При этом исходными данными будут служить известные значения температур активизации формирования интерметаллидных фаз в алюминисево-магневых сплавах и значения их количественного содержания в твердом растворе.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Бокштейн Б.С., Капецкий Ч.В., Швиндлерман А.С. Термодинамика и кинетика границ зерен в металлах. М.: Металлургия, 1986. 224 с.
2. Вербовой Ф.П., Калугин А.А., др. Зависимость качества поковок из сплава АМг6 от исходной заготовки и величины деформации при ковке. Алюминиевые сплавы и специальные материалы. Сб. тр., Вып. 9. М.: ВИАМ, 1975.
3. Головкин П.А. Влияние режимов горячей деформации на коррозионные свойства сплавов АМг3 и АМг6. М.: Коррозия: материалы, защита. 2005. № 7. С. 2–5.
4. Головкин П.А., Галкин В.И. Выделение интерметаллидов как один из обобщенных критериев качества сплавов типа АМг. М.: Металлы (статья находится в редакции).
5. Горенский Б.М., Лапина Л.А., Любанова А.Ш., др. Моделирование процессов и объектов в металлургии. Красноярск, Сибирский федеральный университет, 2008. 145 с.
6. ГОСТ 4784–97 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки. М.: Изд-во стандартов, 2001. 12 с.
7. ГОСТ 17232–99 Плиты из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2000. 12 с.
8. ГОСТ 56370–15 Плиты из алюминиевых сплавов для судостроения. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2015. 10 с.
9. ГОСТ 9.305–84 ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий. М.: Изд-во стандартов, 2003. 105 с.
10. ГОСТ 21488–97 Прутки пресованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия / М.: Изд-во стандартов. 2001. 22 с.
11. Демьянов В.Ф., Малоземов В.Н. Оптимизация и исследование операций. Введение в минимакс. Под ред. Н.Н. Моисеева. М.: Наука, ред. физ.-мат. лит., 1972. 368 с.
12. Иванова В.С. Усталостное разрушение металлов. М.: Гос. науч.-техн. изд.-во литературы по черной и цветной мет.-гии, 1963. 272 с.
13. Лагранж Ж. Аналитическая механика. М.: Гостехиздат. 1950. 594 с.
14. Лататуев В.И., Ганай Г.Н., Денисов А.Д. Металлические покрытия химическим способом. Барнаул: Алтайское кн. изд., 1968. С. 207.
15. Лежнюк П.Д., Рубаненко Е.А. Определение параметров ЛЭП критериальным методом с использованием нечеткого моделирования. Винница: Наукові праці ВНТУ (электронный ресурс). 2008. № 4. С. 1–6.
16. Мурзов А.И., Позднеев В.Г. Механизм и условия образования несплошностей при пластическом

формоизменении алюминиевых сплавов. Алюминиевые сплавы и специальные сплавы. Тр. ВИАМ. Вып. 5. М.: ВИАМ, 1970. С. 86–102.

17. Петровский А.Б., Ройзензон Г.В. Многокритериальный выбор с уменьшением размерности пространства признаков: многоэтапная технология ПАКС. М.: Искусственный интеллект и принятие решений, 2012, № 4. С. 88–103.
18. ПИ 1.2.085–78 Ковка и штамповка деформируемых алюминиевых сплавов. М.: ВИАМ, 1978. 17 с.
19. Подиновская О.В., Подиновский В.В. Анализ иерархических многокритериальных задач принятия решений методами теории важности критериев. М.: Электронный ресурс Math-Net.Ru, 2014. Вып. 6, С. 2–8.
20. Степанов В.Г., Клестов М.И. Поверхностное упрочнение корпусных конструкций. Л.: Судостроение, 1977. 197 с.
21. Телешов В.В., Чурюмов А.Ю. Анализ влияния характеристик двухфазной матричной структуры на вязкость разрушения деформируемых алюминиевых сплавов. М.: Технология легких сплавов, 2012, №2. С. 22–40.
22. Хади О.Ш., Литвинов А.Н. Моделирование напряженно-деформированного состояния корпусов микросборок в процессе их изготовления и эксплуатации. Динамика и прочность (глава 1). Избранные тр. Всеросс. научн. конф. по проблемам науки и технологий. М.: РАН, 2013. С. 3–26.
23. Хади О.Ш., Литвинов А.Н. Оценка точности приближенного метода определения допустимого давления для корпусов микросборок. Актуальные проблемы современного машиностроения: сб. тр. Междунар. научно-практ. конф. Юрга: Юргинский Государственный университет. 2014. С. 191–194.
24. Халффе К. Реакции в твердых телах и на их поверхности. Пер. с нем. А.Б. Шехтер. М.: Изд-во иностранной литературы. 1962. Ч. 1. 416 с.
25. Чапкова Ю.В. Оценка влияния размеров зон Гинье–Престона на упрочнение алюминиевого сплава. Тула: известия ТГУ. Технические науки. №11, 2004. С. 138–141.
26. sale\_quantor.com (электронный ресурс).

Галкин В.И., д.т.н., профессор «МАИ Национальный исследовательский институт»  
 ☎ 121555, г. Москва, ул. Оршаковская, д. 3,  
 121555, Moscow, st. Orshakovskaya, 3,  
 e-mail: galkin@mati.ru;  
 Головкин П.А., к.т.н., зам. главного технолога АО «Плутон»  
 ☎ 105120, г. Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, д. 11  
 корп. 1,  
 105120, Moscow, st. Lower Syromyatnicheskaya, 11-1,  
 e-mail: p.golovkin@pluton.ru;  
 Волков А.В., к.т.н., главный технолог,  
 Крюков А.В., инженер-технолог АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»,  
 ☎ 107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 20, стр. 9,  
 107078, Moscow, st. Novaya Basmannaya, 20, p. 9,  
 e-mail: minyuc@yandex.ru

УДК 629.783

## ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА НСК

Д.С. СЕМЕНОВ, Е.Г. САМОХИН,  
П.М. ОПАРИН

АО «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИМ. АКАДЕМИКА А.И. БЕРГА»

В данной работе описано функционирование наземного комплекса (НК) управления, рассмотрен его состав, назначения и задачи. Раскрыта актуальность модернизации технологического процесса. Исследованы пути построения НК приема и обработки информации. Указаны тенденции развития НК исходя из повышения требований к качественным и количественным характеристикам программного обеспечения (ПО). Описан инструментарий для реализации программно-технического комплекса. Рассмотрена теоретическая и практическая реализация системы диспетчеризации и управления в составе НСК.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** наземный комплекс управления, дистанционное зондирование Земли, космический комплекс, космический аппарат, система диспетчеризации и контроля, базы знаний.

Космическая сфера на протяжении последнего столетия остается актуальным и перспективным направлением в науке. Нельзя отрицать, что для освоения космическими аппаратами околоземного пространства были приложены колоссальные человеческие знания и силы. Достигнуть таких высот помогла научно-техническая революция. Позже четвертая информационная революция позволила создать персональный компьютер. Тогда, с момента появления быстрых в вычислениях и удобных в эксплуатации вычислительных машин, появилась возможность автоматизации процесса передачи информации, обработки информации, планирования алгоритма работы и другие задачи по контролю. Мощные компьютеры и удобные операционные среды помогают вывести проектирование и разработку ПО на более высокий уровень решения задач.

В задачи современного программного обеспечения управления на НК входят организация взаимодействия КП, создание программ настройки всех ап-

WAYS OF SOFTWARE UPGRADE  
OF MANAGEMENT AND CONTROL  
TECHNOLOGICAL PROCESS OF  
RECEIVING AND MANIPULATION DATA  
ON GSS

D.S. SEMENOV, E.G. SAMOHIN,  
P.M. OPARIN

JSC «CNIRTI THEM. ACADEMICIAN  
A.I. BERG»

The article describe the operation of the ground control center (GCC), considered its composition, purpose and objectives. Revealed the relevance of upgrading technological process. Search for ways to build GC of receiving and manipulation data. GC development trends are indicated based on the increased requirements for qualitative and quantitative software characteristics. Described tools for implementing software and hardware complex. Considered theoretical and practical implementation management and control system composed GCC.

**KEY WORDS:** ground control center, Earth remote sensing, space system, satellite, management and control system, knowledge base.

паратных и программных средств, высокоскоростной ввод\вывод данных, форматирование дисплея, формирование и ведение баз данных и предупреждение о внештатных ситуациях на основе опытной эксплуатации. Причем вся работа технологического процесса может быть сосредоточена как на одном компьютере, так и на нескольких машинах. Последнее влечет за собой создание распределенных вычислительных систем.

В настоящий момент разработанный и эксплуатируемый программно-технический комплекс представляет собой территориально распределенную систему, состоящую из двух пунктов приема и обработки информации (ППО) и центра космического радиоэлектронного мониторинга (или дистанционного зондирования земли (ДЗЗ)). Пункт планирования и управления ДЗЗ по заявкам потребителей и на основании данных о состоянии технических средств космического аппарата радиоэлектронного мониторинга (КА РЭМ) и наземного комплекса (НК РЭМ)

производит расчет временной программы работ КА РЭМ и формирует план сеансов связи каждого ППО с КА РЭМ на сутки. В соответствии с этими исходными данными бортовая аппаратура производит сбор информации районов, заданных в заявках, и передает информацию на ППО. Специальная и телеметрическая информация поступает от КА РЭМ на ППО и подвергается обработке на вычислительных средствах ППО. Результаты обработки СИ и ТМИ передаются с ППО по системе связи и передачи данных (ССПА) на объект для анализа, формирования отчетов и дальнейшего планирования. По результатам ТМИ, полученной по радиолинии в общем потоке, проверяется оценка работоспособности бортовой аппаратуры.

Процесс сбора, анализа и обработки ТМИ приведен на рис. 1.

В настоящее время информация оперативного контроля (ИОК) поступает для анализа планирования и управления в виде «прямой печати» без анализа и обработки. Результаты обработки ТМИ и ИОК не анализируются во взаимодействии, что снижает уровень оперативности оценки работоспособности изделий при возникновении нештатных ситуаций. Схема обработки поступающей информации приведена на рис. 2.

Для полного анализа и повышения оперативности необходимо определить степень взаимодействия и участия информационных потоков с обработкой ТМИ и ИОК и разработать автоматизированную систему циркуляции, взаимодействия совместной обработки ТМИ и ИОК с выдачей результатов в табличном, графическом, мнемоническом видах, удобных для анализа и планирования.

Для перспективного планирования необходимо разработать блок состояния систем КА с информацией за весь период активного существования КА.

На сегодняшний день остро стоит вопрос модернизация специального программно-алгоритмического комплекса (СПАК) в части ТМИ и специального программного обеспечения управления технологическим процессом (СПО) в связи с рекомендациями, полученными в процессе эксплуатации НК РЭМ в со-

ставе системы РЭМ.

Модернизация ПО проводится по 2 направлениям:

- доработка СПАК в части обработки ТМИ с целью проведения корреляционного анализа телеметрической информации, переданной по разным каналам связи с КА;

- усовершенствование программного комплекса СПО направлено на создание автоматизированных унифицированных программных средств с использованием системы диспетчеризации и контроля (СДК).

СДК решает определенные задачи и обладает:

- возможностями на основе анализа исходных данных просчитывать вероятность появления нештатной ситуации и предупреждать оператора о ситуации;

- постоянно обновляющейся памятью со сводом квалифицированных мнений и знаний (институциональная памятью);

- возможностью анализа знаний эксперта и действий оператора на базе заложенных алгоритмов для выявления наиболее простых решений практических задач (эвристическим анализом).

Система диспетчеризации и контроля представляет собой самостоятельный класс информационных системы (ИС), использующийся в конкретной предметной области. Оперирует такая система базой знаний (БЗ), которая формируется и изменяется в процессе проектирования и эксплуатации СДК. БЗ накапливает данные, хранит факты и правила для манипулирования данными и принятия решений [2]. В СДК закладываются:

- база знаний;
- алгоритм обработки эмпирических правил (следов в памяти ИС);
- средства приобретения и изменения знаний.

Технология разработки СДК включает в себя шесть этапов:

- 1) идентификации;
- 2) концептуализации;
- 3) формализации;
- 4) выполнения;



РИС. 1.

Блоки обработки и анализа ТМИ

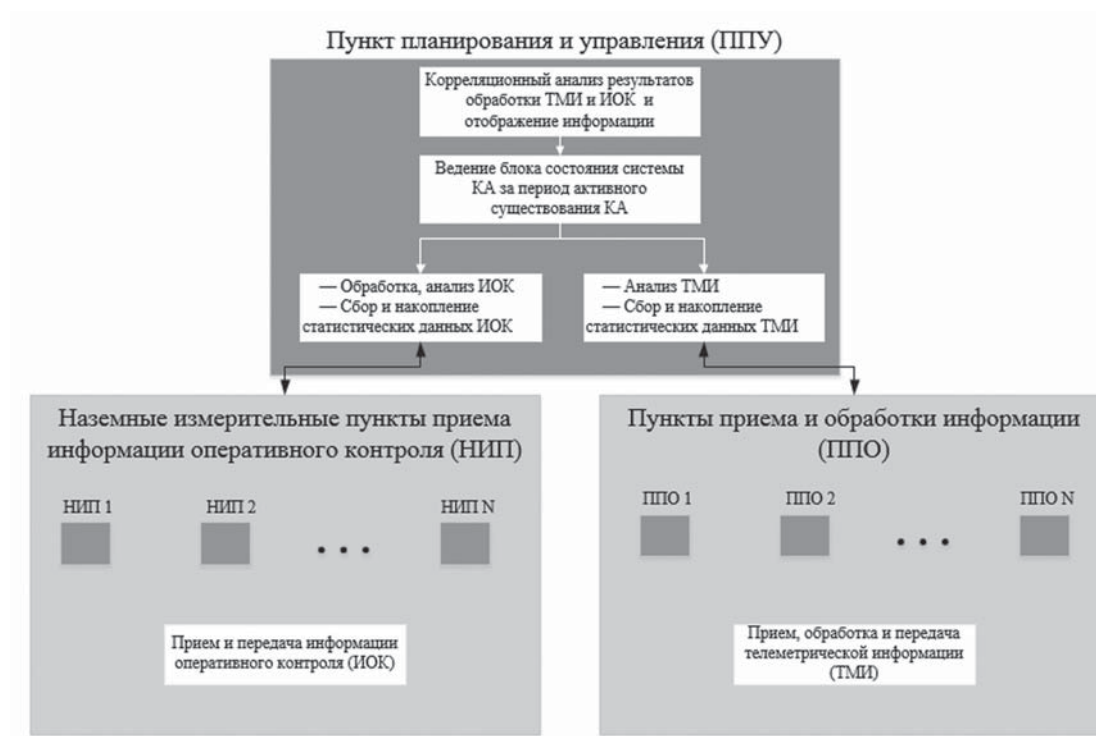


Рис. 2. Структурно-функциональная схема обработки телеметрической информации и информации оперативного контроля

- 5) тестирования;
- 6) опытной эксплуатации.

На этапе идентификации следует определить особенности, цели и задачи, а также тип пользователей конкретной предметной области, для которой строится СДК. На этапе концептуализации определяются методы решения поставленных задач, проектирование и анализ алгоритмов. На этапе формализации выбираются программные средства для разработки СДК и определяется вид представления знаний в БЗ. На этапе выполнения эксперт пополняет данными БЗ и программируется необходимая логика ПО. На этапе тестирования проверяется уровень системы на компетентность. На этапе опытной эксплуатации СДК проверяется на пригодность для конечных пользователей. После чего выявляются необходимость и возможность модернизации до следующего уровня [1].

Область применения СПО сводится к контролю и управлению. В такой области ЭС применяются в качестве интеллектуальных систем контроля для принятия решения на основе результатов анализа данных, поступающих от нескольких источников. В случаях нештатной ситуации ЭС способны выдать оператору комплекса нужную информацию и предпринять необходимые действия.

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Целью разработки программного комплекса яв-

ляется модернизация. Комплекс должен принимать, обрабатывать и анализировать научную и телеметрическую информацию КС РЭМ земной поверхности, уметь анализировать внештатные ситуации. Конечному пользователю выдаются методы решения случаев внештатной ситуации, если таковые появились. Конечным пользователем является аналитик центра НК РЭМ.

Можно выделить основные аспекты модернизации комплекса:

- 1) доработка СПО в части ТМИ с учетом рекомендаций от пользователей по результатам эксплуатации;
- 2) доработка программно-алгоритмического комплекса с помощью новых технических средств;
- 3) разработка в составе СПО СДК, внедрение которой позволит повысить оперативность и надежность функционирования ППО и унифицировать процессы планирования и управления средствами ППО и открывает возможности по использованию модернизированного НК РЭМ в интересах потребителей из разных областей науки и народного хозяйства.

### КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ

СДК разбивается на следующие группы комплексов программ (КП):

- КП «Менеджер»;

- КП «Диспетчер запуска и выполнения команд»;
  - КП «Диспетчер анализа состояния рабочих мест»;
  - КП «Графический редактор связей рабочих процессов»;
  - КП «Ведения баз данных».
- СПО в части ТМИ разбивается на следующие группы комплексов программ (КП):
- КП «Обработки ИОКов»;
  - КП «Обработки ТМИ»;
  - КП «Корреляционного анализа ИОКов и ТМИ»;
  - КП «Формирования блока состояния бортовой аппаратуры по изделиям».

Основные блоки взаимодействия и их связи СДК приведены на рис. 3.

### ФОРМАЛИЗАЦИЯ

В качестве языка программирования для реализации данного программного комплекса был выбран C++ — компилируемый статически типизированный язык программирования общего назначения, с использованием Qt framework v5.12.

В качестве нотации модели представления знаний в базах была выбрана нотация «продуктивные модели». Продуктивные модели представления знаний, основанные на правилах, позволяют представить знания в виде выражений типа:

Если < условия > то < действие >

Суть выражений заключается в том, что если выполняется условие, то нужно произвести некоторое

действие. Продукционные модели были реализованы процедурно. В процедурных системах присутствуют три компонента:

- база данных;
- некоторое число продукционных правил, состоящих из условий и действий;
- интерпретатор, который последовательно определяет, какие действия могут быть произведены в зависимости от условий.

### ВЫПОЛНЕНИЕ

Основной структурной единицей, определяющей разрабатываемый ПК, является план, организованный псевдокодом (псевдоплан).

Псевдоплан — текстовое описание последовательности действий, выполняющих определенный функционально завершенный процесс (запуск модуля обработки информации, копирование файлов, удаление файлов, передача файлов между машинами обработки и т.п.).

Псевдоплан представляет собой файл xml, содержащий набор тегов и их атрибутов, имеющих определенную структуру и наименования. Выполнение псевдоплана происходит пошагово, реализуются возможности вернуться к предшествующим шагам, перейти к следующим, выполнять другие псевдопланы.

В процессе разработки ПО были разработаны программы Менеджер, Диспетчер запуска и выполнения команд, Диспетчер анализа состояния рабочих мест, Графический редактор связей рабочих процессов.

Связь между диспетчерами осуществляется по протоколу ТСР IP. Менеджер выступает в роли сервера, а диспетчер запуска и выполнения команд — в роли клиентов.

Менеджер связан с Сервером «Диспетчер анализа состояния рабочих мест», от которого получает в реальном времени текущую информацию о каждой машине обработки.

Менеджер выполняет следующие функции:

- чтение псевдоплана и организация пошагового выполнения;
- выбор машины обработки для выполнения псевдоплана;
- организация параллельной и многопоточной работы;
- организация выполнения псевдоплана в соответствии с планом работ на сутки;
- при возникновении новых ошибок в ходе выполнения псевдоплана, установка маркера с кодом возврата, указывающего на этап, на котором возникла ошибка;

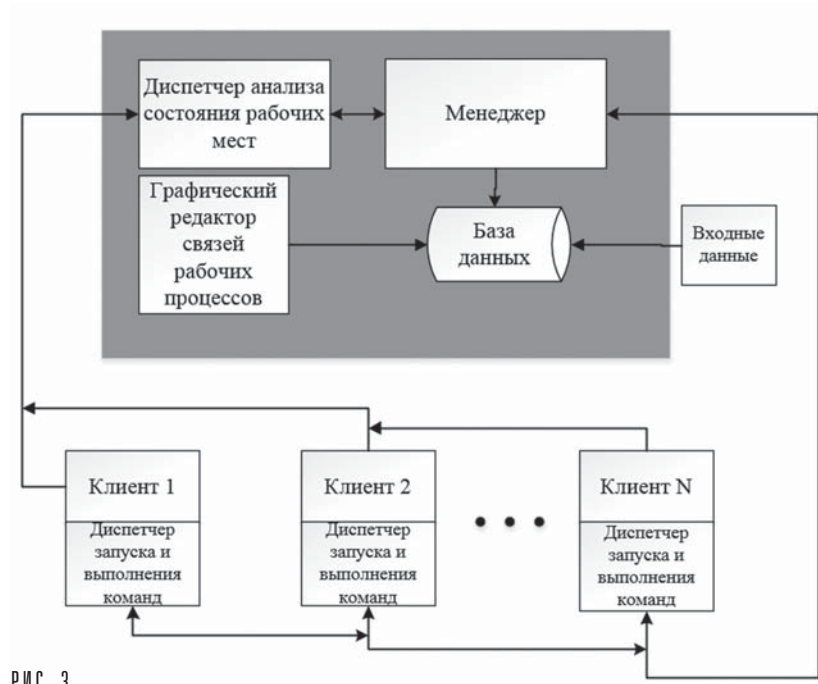


Рис. 3. Концептуализация СДК

- организация взаимодействия с диспетчерами запуска и выполнения команд;
- восстановление работоспособности системы после нарушения взаимодействия;
- поиск и применение решений при возникновении нестандартных ситуаций.

Пошаговое выполнение псевдоплана на машинах обработки реализует диспетчер запуска и выполнения команд, который выполняет следующие функции:

- выполнение псевдоплана по шагам;
- контроль поступления данных и передача файлов менеджеру;
- организация и выполнение нескольких псевдопланов параллельно.

При диспетчеризации выполнения технологического процесса приема и обработки информации, одной из важных функций является текущий контроль состояния технических средств и своевременное, оперативное перераспределение загрузки ПЭВМ, входящих в территориально-распределенную систему для обеспечения непрерывности процесса и оперативности обработки и доставки данных потребителю.

Данные функции выполняет комплекс программ «Диспетчер анализа состояния рабочих мест». В состав этого комплекса входят программы:

- клиент диспетчера;
- сервер диспетчера.

Серверная часть диспетчера анализа состояния рабочих мест обеспечивает: связь с клиентскими программами, сбор информации о состоянии устройств, формирование и отображение информации в виде, удобном для анализа. Отображению подлежат следующие параметры, характеризующие работоспособность ПЭВМ:

- загруженность процессора в процентах;
- загруженность оперативной памяти в процентах;
- объем жесткого диска;
- производительная мощность;
- объем свободного места на жестком диске.

Связь с клиентами и передача информации осуществляется по протоколу ТСР/Ip. Так же по протоколу ISMP осуществляется пинг компьютеров путем отправки эхо запросов.

По результату организации связи между сервером и клиентом, клиенту присваивается статус 0 – нет пинга по протоколу ISMP и ТСР, 1 – есть пинг по протоколу ISMP, но связь с клиентом не установлена, 3 – есть связь по всем протоколам, основываясь на статусе диспетчер осуществляет мониторинг состояния системы.

В процессе работы ведется база данных отклонений параметров устройств от заданных в настройках пороговых значений: загруженности процессора, оперативной памяти, жесткого диска. Каждая запись в базу включает: ip адрес клиента, значение параметров загруженности системы, время. Наличие архивиро-

ванных данных обеспечивает возможность быстрой выборки информации для анализа состояния технических средств и, при необходимости, определения уровня загрузки, неисправности, планирования загрузки, регламентных работ и перспективного планирования.

Опытная эксплуатация ПК в данный момент не проводилась, так как комплекс находится на этапе разработки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, одним из основных направлений развития территориально-распределенной системы ДЗЗ является создание наземных средств приема и обработки информации. В целях создания унифицированного СПО, обеспечивающего управление наземной инфраструктурой средств приема и обработки информации, разработка осуществляется с соблюдением принципа преемственности и внедрения новых методов, высокого уровня структурирования по функциональному принципу, при этом адаптация ПО к различным системам может осуществляться не изменением программных модулей, а с помощью настраиваемых файлов [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. ДЖАРРАТАНО Д., РАЙЛИ Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. Вильямс. 2006. С. 1152.
2. Зозуля Ю.И. Интеллектуальные нейросистемы. Книга 12. Радиотехника. 2003. С. 144.
3. Лошкарёв П.А., Пушкарский С.В. Основные направления развития единой территориально-распределенной информационной системы дистанционного зондирования Земли. 2019. С. 2.

**Семенов Дмитрий Сергеевич**, инженер-программист АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»,

☎ тел.: +7 (926) 923-75-94, e-mail: semdima97@mail.ru

**Самохин Евгений Григорьевич**, инженер-программист АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»,

☎ тел.: +7 (985) 206-96-20,  
e-mail: jackman.samohin@yandex.ru

**Опарин Павел Михайлович**, инженер-программист АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

☎ тел.: +7 (916) 340-38-94, e-mail: pasch.oparin@yandex.ru  
107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 20, стр. 9,  
107078, Moscow, st. Novaya Basmannaya, 20, p. 9.

УДК: 001.891.576

## РАЗРАБОТКА АКУСТООПТОЭЛЕКТРОННОГО ПРИЕМНИКА СВЧ ДИАПАЗОНА ДЛЯ СИСТЕМ РАДИОЧАСТОТНОГО МОНИТОРИНГА

А. Г. БОЧАРОВ, К. С. КАШУРКИН,  
Г. А. ШАРАПОВ

АО «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИМ. АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА»

В данной статье рассматривается возможность построения акустооптоэлектронного приемника на основе новых перспективных материалов с системой активной фазированной антенной решетки (АФАР) и последующей обработкой сигналов при помощи вейвлет-преобразования.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** акустооптика, акустооптоэлектронный приемник, вейвлет-преобразование, активная фазированная антенная решетка.

### ВВЕДЕНИЕ

Акустооптика – это раздел фотоники, который изучает взаимодействие оптических и акустических волн. В результате таких исследований были разработаны устройства для определения частоты сигналов. Данные устройства называются акустооптоэлектронными приемниками (АОП).

Термином «микроволновая фотоника» определяют совокупность оптоэлектронных приборов и оптических интегральных схем, объединенных аналоговыми волоконно-оптическими линиями связи, которые вместе с аналоговыми оптическими процессорами позволяют строить радиотехнические устройства (прежде всего РАС) с качественно новыми характеристиками.

### АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Прошлые аналоги АОП имели полосу рабочих частот (300 МГц), работали на частоте 800–1000 МГц, на кристалле ниобата лития значения эффективности дифракции составляли 1–3%/Вт.

При разработке нового образца АОП основные требования, предъявляемые к АОМ состоят в реализации широкой рабочей полосы частот (800 МГц), увеличение частоты до 2–6 ГГц, реализации кристал-

## DEVELOPMENT OF ACOUSTO- OPTOELECTRONIC MICROWAVE RECEIVER FOR RADIO FREQUENCY MONITORING SYSTEMS

A. G. BOCHAROV, K. S. KASHURKIN,  
G. A. SHARAPOV

JSC «CNIRTI THEM. ACADEMICIAN  
A. I. BERG»

This article discusses the possibility of constructing an acousto-optoelectronic receiver based on new promising materials with an active phased array antenna system (APAAS) and subsequent signal processing using wavelet transform.

**KEYWORDS:** acousto-Optics, acousto-optoelectronic receiver, wavelet transform, active phased array antenna.

ла на новых перспективных материалах и в обеспечении высокого значения эффективности дифракции (3–5%/Вт).

Последний параметр линейно связан (пропорциональная зависимость) с динамическим диапазоном АОП.

Необходимым условием при разработке широкополосных АОМ являлось также обеспечение условий эффективного распространения сверхзвуковой энергии вдоль светозвукопровода, формируемой преобразователем.

Аппаратура радиочастотного мониторинга на основе акустооптоэлектронных (АОЭ) устройств в качестве передающих элементов может использовать активную фазированную антенную решетку (АФАР) СВЧ-диапазона реализованная на принципах микроволновой фотоники. Один из вариантов построения АОП с системой сканирования АФАР (на основе волоконно-оптических линий задержки (ВОЛЗ)) представлен на рис. 1.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование и разработка устройств РЧМ нового типа с применением АОМ на основе новых перспективных материалов, для из-

готовления на их основе акустооптических модуляторов.

**НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ОЖИДАЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ**

Результаты проведенных исследований могут быть положены в основу создания новых перспективных устройств РЧМ с применением АОМ на основе новых перспективных материалов.

**СОСТАВ АКУСТООПТОЭЛЕКТРОННОГО  
ПРИЕМНИКА**

Акустооптоэлектронный приемник состоит из:

1. полупроводниковый лазер ИК-диапазона;
2. акустооптический модулятор на основе новых перспективных структур в том числе, и алмаза СВЧ-диапазона;
3. фотоприемная линейка с 256 фотодиодами и встроенными предусилителями в каждом канале, подключенными через шлейф к блоку обработки;
4. оптические формирующие и коллимирующие системы линз;
5. блок обработки электрических сигналов, состоящий из контроллера, соединенного с ПК через систему соединительных кабелей.

На рис. 2 приведена структурная схема акустооптоэлектронного приемника.

Акустооптический модулятор (АОМ) является главным элементом АОП и служит для выделения несущей частоты принимаемого сигнала. АОМ СВЧ-диапазона – сложный функциональный элемент, реализуемый на основе современных технологий, при создании которого формируются путем напыления специального пьезоэлектрического преобразователя, включающего в себя многослойные тонкопленочные слои, обеспечивающие эффективное распространение сверхзвуковых волн во всем объеме кристалла, а также, меандровые структуры возбуждающие в нем сверхзвуковые волны. Эти меандровые структуры

представляют собой тонкие слои алюминиевой пленки, напыляемой на эффективный пьезоэлектрик в виде окиси цинка или нитрида алюминия. Вся структура в целом напыляется на торец кристалла алмаза, являющегося светозвукопроводом. Данный акустооптический модулятор использует дифракцию Брэгга и работает в режиме изотропной дифракции, при котором в светозвукопроводе возбуждаются продольные сверхзвуковые волны.

Излучение ИК-диапазона полупроводникового лазера через фокусирующую оптическую систему (ФОС) попадает на акустооптический модулятор. В результате дифракции светового пучка на акустооптический модулятор (АОМ) с помощью коллимирующей оптической системы (КОС) выделяется дифрагированный пучок, регистрируемый фотоприемной линейкой (ФПЛ). Информация о характеристиках СВЧ-сигнала содержится в дифрагированном пучке и, в частности угол отклонения дифрагированного пучка в режиме дифракции Брэгга пропорционален частоте анализируемого СВЧ-сигнала. Сигнал с ФПЛ подается на блок обработки. Характеристики исследуемого радиотехнического сигнала (несущая частота, длительность импульса) определяются в контроллере и выводятся в виде формуляра на экран монитора ПК. При этом принятый сигнал через предварительный усилитель выбранной промежуточной частоты поступает на АОМ с СВЧ-усилителя (УС). Все элементы АОМ питаются от внутреннего источника питания (ВИП).

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
В АОП**

Вейвлет анализ представляет собой особый тип линейного преобразования сигналов и физических данных. Вейвлет функции базиса позволяют сконцентрировать внимание на тех или иных локальных особенностях анализируемых процессов, которые не могут быть выявлены с помощью традиционных пре-

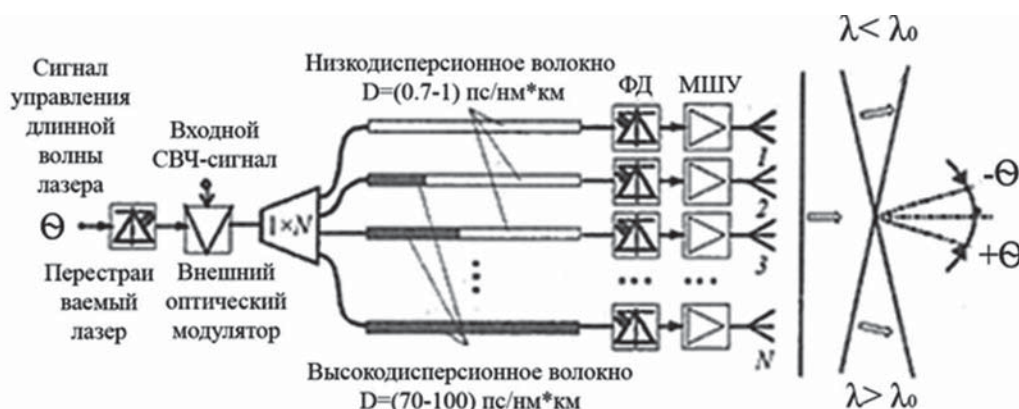


Рис. 1. Структурная схема АОП с применением АФАР



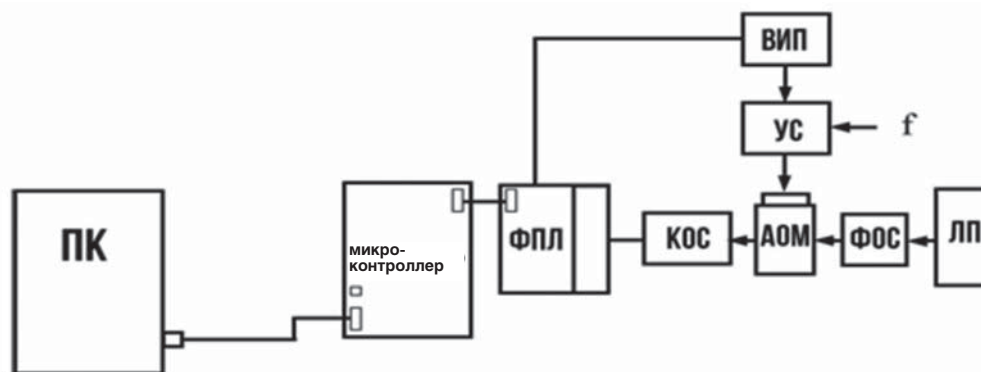


Рис. 2. Структурная схема акустооптоэлектронного приемника

образований Фурье и Лапласа. К таким процессам в геофизике относятся поля различных физических параметров природных сред. В первую очередь это касается полей температуры, давления, профилей сейсмических трасс и других физических величин.

Данный акустооптический модулятор также используется при создании новейших принципов обработки СВЧ-сигналов на основе вейвлет-процессоров (ВП). Вейвлеты представляют собой особые функции в виде коротких волн (всплесков) с нулевым интегральным значением и с локализацией по оси независимой переменной ( $t$  или  $x$ ), способные к сдвигу по этой оси и масштабированию (растяжению/сжатию). Любой из наиболее часто используемых типов вейвлетов порождает полную ортогональную систему функций. В случае вейвлет-анализа (декомпозиции) процесса (сигнала) в связи с изменением масштаба вейвлеты способны выявить различие в характеристиках процесса на различных шкалах, а посредством сдвига можно проанализировать свойства процесса в различных точках на всем исследуемом интервале. Именно благодаря свойству полноты этой системы, можно осуществить восстановление (реконструкцию или синтез) процесса посредством обратного ВП.

Достоинства и недостатки:

- вейвлетные преобразования обладают всеми достоинствами преобразований Фурье.
- вейвлетные базисы могут быть хорошо локализованными как по частоте, так и по времени. При выделении в сигналах хорошо локализованных разномасштабных процессов можно рассматривать только те масштабные уровни разложения, которые представляют интерес.
- вейвлетные базисы, в отличие от преобразования Фурье, имеют много разнообразных базовых функций, свойства которых ориентированы на решение различных задач. Базисные вейвлеты могут реализовываться функциями различной гладкости.
- недостатком вейвлетных преобразований является их относительная сложность.

Отличительной особенностью вейвлет-анализа является то, что в нем можно использовать семейства функций, реализующих различные варианты соотношения неопределенности. Соответственно, исследователь имеет возможность гибкого выбора между ними и применением тех вейвлетных функций, которые наиболее эффективно решают поставленные задачи.

На рис. 3 приведено выделение вейвлет-преобразованием локальных особенностей фазоманипулированного сигнала.

На рис. 4 приведен фазоманипулированный сигнал.

Пример восстановления шумоподобного фазоманипулированного сигнала представлен на рис. 5.

Результаты расчетов показали, что вейвлет-преобразование позволяет наилучшим образом проводить частотно–временной анализ нестационарных сигналов. Кроме того, за счет выбора базиса вейвлет-преобразования можно добиться наилучшего решения какой-либо конкретной задачи, например, выделения и локализации перескока фазы сигнала.

#### ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ АОП

Среди основных преимуществ применения акустооптоэлектронного многоканального приемника являются:

- широкая мгновенная полоса частот, что позволяет выполнять одновременный прием и распознавание множество радиосигналов;
- возможность обработки широкополосных сигналов с большой базой (более 500) с шириной спектра 800 МГц;
- возможность проведения спектрального анализа и коррекционной обработки сигналов;
- возможность системы обработки шумоподобных сигналов;
- разрешающая способность по частоте порядка 10 МГц. Увеличение разрешающей способности акустооптоэлектронного многоканального приемника

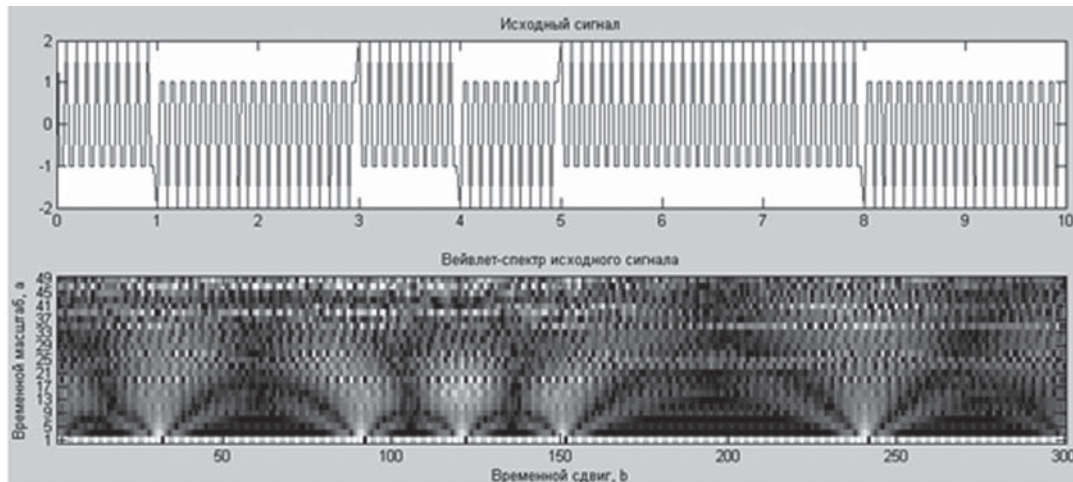


Рис. 3.

Выделение вейвлет-преобразованием локальных особенностей фазоманипулированного сигнала

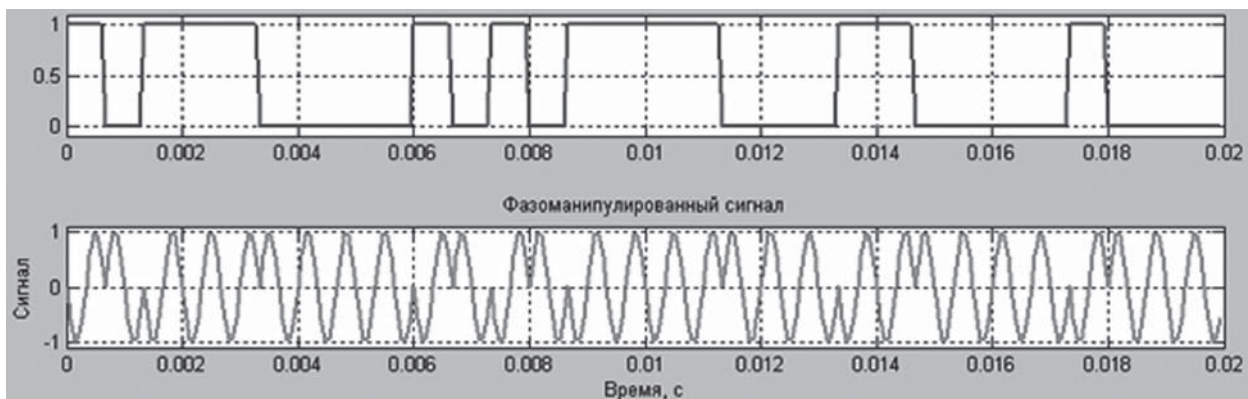


Рис. 4.

Фазоманипулированный сигнал

связано с увеличением скорости обработки сигналов и чувствительностью приемника возможно за счет объединения в едином монолитном устройстве матрицы фотодетекторов и последетекторного процессора;

- возможность анализа сигналов с длительностью до 0,1 мкс;

- акустооптоэлектронные многоканальные приемники компактны, имеют небольшие габариты и массу, низкую стоимость и малое энергопотребление.

Успехи в области создания мощных высокочастотных лазеров, модуляторов и особенно фотодиодов, новых перспективных светозвукопроводящих структур, позволят создать полностью оптический акустооптоэлектронный приемник, и таким образом, появится возможность создания принципиально нового класса АОП – полностью оптической РАС с АФАР.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В качестве примеров применения фотоники можно привести радар космического базирования с синтезированной апертурой фирмы JetPropulsionLaboratory на Шаттле (SRTM), корабельный двух диапазонный радар с АФАР Aegis фирмы Lockheed-Martin, РАС с конформной оптически управляемой ФАР фирмы HRL.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение фотоники в полностью оптически управляемом наземном радиолокаторе с конформной ФАР дециметрового диапазона, созданной фирмой HRL обеспечило сканирование по углу места в пределах  $120^\circ$  без ухудшения качества ДН и эффективной работы практически во всей полосе ((800 МГц) вместо обычных 3–5% (до 100 МГц)) дециметрового диапазона. Применение новых перспективных материалов, в том числе алмазных структур, для создания АОМ,

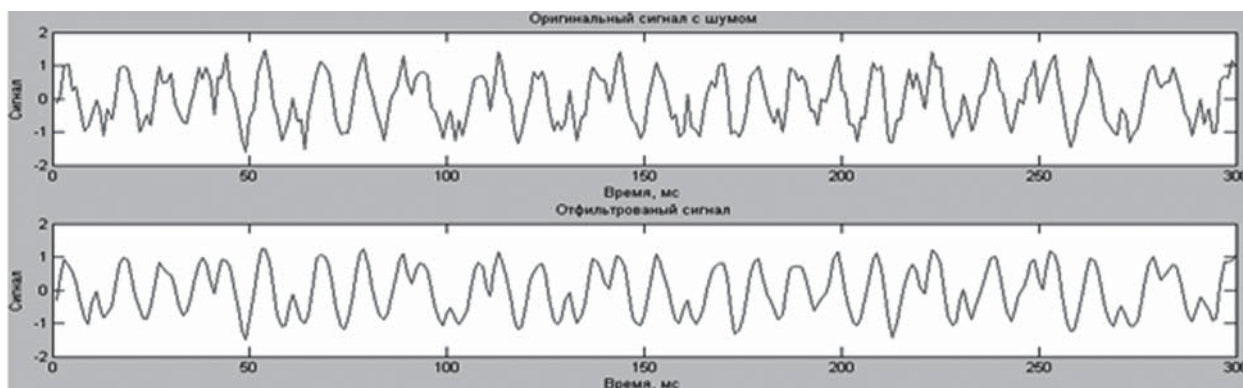


РИС. 5.

Зашумленный и отфильтрованный сигнал

а так же напыление новых пьезопреобразователей на основе нитрида алюминия позволит существенно расширить ширину рабочих частот до 2–6 ГГц, обеспечить высокое значение эффективности дифракции (3–5%/Вт) и повысить быстродействие до 10-0нс. Вейвлет-преобразование позволит обрабатывать шумоподобные сигналы, с высокой эффективностью отделять сигнал от шума, а применение новых фотоприемных линсек с 256 быстродействующими фотодиодами, позволит существенно улучшить разрешающую способность по частоте до 8 МГц.

Благодаря этому обеспечивается работа радара одновременно по целям в широком диапазоне высот и дальностей, а широкая полоса перестройки дает возможность повысить помехоустойчивость и обнаруживать практически все цели с радиопоглощающими покрытиями. Формирование диаграммы направленности в нем осуществляется решетками интегрально-оптических линий задержки и линейками ФД с электронным переключением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. АСТАФЬЕВА Н.М. УФН. Т. 166. № 11.
2. ДЬЯКОНОВ В.П. MATLAB R2007-2008-2009 для радиоинженеров. 2010.
3. МЕДВЕДСКИЙ Ю.Н., ШАРАПОВ Г.А. Методы обработки сложных сигналов РЛС СВЧ-диапазона на основе оптического вейвлет-процессора. М. II Всероссийская Микроволновая конференция. 2014. 326 с.
4. МЕДВЕДСКИЙ Ю.Н., ШАРАПОВ Г.А., ПОДШИВАЛОВА В.Ю., ТРОФИМОВ Э.И. Методы обработки сложных сигналов РЛС СВЧ-диапазона на основе модифицированного вейвлет-преобразования Морле». М. IX Всероссийская научно-техническая конференция «Радиолокация и связь». 2015. 247 с.
5. МЕДВЕДСКИЙ Ю.Н., ШАРАПОВ Г.А., ПОДШИВАЛОВА В.Ю. Анализ сложных фазоманипу-

лированных сигналов СВЧ-диапазона на основе вейвлет-преобразования с применением акустооптоэлектронного процессора. М. IV Всероссийская Микроволновая конференция. 2016. 146 с.

6. МАГДИЧ Л.Н., МОЛЧАНОВ В.Я. Акустооптические устройства и их применение. М.: Советское радио. 1978. 112 с.
7. ПРОХОРОВ А.М. Физическая энциклопедия «Советская энциклопедия», 1988.
8. СОРОКИН Б.П., КВАШНИН Г.М., БОРМАШОВ В.С., ВОЛКОВ А.П., ТЕЛИЧКО А.В., ГОРДЕЕВ Г.И., ГОЛОВАНОВ А.В. Технология изготовления СВЧ пьезоэлектрических преобразователей на основе пленки AlN, нанесенной на подложку из синтетического монокристалла алмаза.

**Бочаров А.Г.**, инженер 3 категории ОНТО-41 АО «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И. Берга»,  
✉ e-mail: sarius1990@ya.ru

**Кашуркин К.С.**, инженер 3 категории ОНТО-41 АО «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И. Берга»,  
✉ e-mail: sarius1990@ya.ru

**Шарапов Г.А.**, инженер 1 категории ОНТО-41 АО «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И. Берга»  
✉ e-mail: sarius1990@ya.ru

✉ 107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 20, стр. 9,  
107078, Moscow, st. Novaya Basmannaya, 20, p. 9

УДК 621.396.969

## РАСПОЗНАВАНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ, ОТРАЖЕННЫХ ОТ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЛОПАСТЕЙ КОПТЕРА

**М.И. АШРЯПОВ**

АО «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИМ. АКАДЕМИКА А.И. БЕРГА»

В статье рассмотрен математический метод распознавания сверхширокополосных (СШП) сигналов, модулированных вращающимися лопастями квадрокоптера. Также в статье приведены результаты моделирования сигналов с искусственно синтезированными микро доплеровскими сдвигами, вызванными вращением пропеллера.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микро-Доплер, двумерное преобразование Фурье, обнаружение БПЛА, фильтрация.

## RECOGNITION OF ULTRA-WIDEBAND SIGNALS, REFLECTED FROM THE ROTATING BLADES OF THE COPTER

**M.I. ASHRYAPOV**

JSC «CNIRTI THEM. ACADEMICIAN  
A.I. BERG»

The article describes a mathematical method aimed at analyzing ultra-wideband (UWB) signals received from the radar to recognize signals modulated by rotating copter blades. The article also presents the results of modeling signals with artificially synthesized micro Doppler shifts caused by the rotation of the propeller.

**KEYWORDS:** Micro-Doppler, two-dimensional Fourier transform, UAV detection, filtering.

### ВВЕДЕНИЕ

Сверхширокополосная радиолокация вызывает интерес в решении широкого круга задач анализа динамики движущихся объектов, особенно в перспективном направлении распознавании БПЛА (квадрокоптер) в режиме зависания при имитации полета птицы на малой высоте.

Зачастую квадрокоптер имеет сравнительно небольшие размеры по отношению к длине волны рабочих диапазонов большинства радаров, это накладывает жесткие требования к параметру пространственного разрешения.

Для решения задачи распознавания целесообразно применить СШП радиолокатор с функцией фиксации микро доплеровских сдвигов. Можно сказать, что каждый БПЛА характеризуется собственным уникальным портретом доплеровских сигнатур, полученных от вращающихся пропеллеров и стилия полета.

Данный метод захвата данных позволяет выявить такие конструктивные параметры как: длина лопасти пропеллера, количество роторов, а также скорость вращения и линейную скорость объекта.

Каждый винт квадрокоптера порождает уникальную некоррелированную информацию о частотно-временном базисе. Используя алгоритм потоковой корреляции возможно составить группы квадрокоптеров и классифицировать их по типу.

### АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ ПО НАБЛЮДЕНИЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

С развитием радиотехники и элементной базы появились как доступные, так и профессиональные летающие дроны, способные нести полезную нагрузку, такую как системы видео слежения, а также и запрещенные к использованию предметы, что представляет большую угрозу и может быть использовано злоумышленниками. В связи с этим своевременное обнаружение и распознавание дронов является актуальной задачей.

На сегодняшний день предложено несколько путей решения проблемы, это радио видение описанное в статье [1], отслеживание микросигнатур сдвига Доплера от объекта, система распознавания дронов на основе технологии MIMO OFDM. Подход, описанный в статье [3], позволяет наблюдать за охраняемым пространством на дальности до полукилометра на фоне неба. MIMO – новый тип радаров в основе которого используется фазированная решетка, зондирующие импульсы подобны мультистатическому радару. В такой системе излучающие элементы расположены близко друг к другу для получения пространственного разрешения.

Финальный результат представляет радиоизображение, построенное в соответствии с алгоритмом двумерного преобразования DFT.

Основные заявленные характеристики системы: частота 4.05 ГГц, число подчастот составляет 1024, число приемных и передающих антенн по 4, мощность сигнала –15 дБ.

Разработка, описанная в статье [2], предполагает использование радара типа FMCW с частотной модуляцией. В отличие от первой работы рабочая частота существенно возрастает до 25 ГГц, так как на более низкой частоте достаточно сложно получить требуемое разрешение. В статье рассматривается вопрос отражения на фоне местности, но так как их отражение не является нестационарным, то может быть и описано распределением Вейбулла, Парето и К-распределением [2]. Эта не рэлеевская модель шума требует разработки адаптивного порогового детектора для обнаружения цели, и примерами таких детекторов являются детектор с постоянной частотой ложных тревог (CFAR), детектор обобщенного отношения правдоподобия с линейным квадратичным тестом (GLRT-LQ) и Байесовский оптимальный радарный детектор (BORD). Автор статьи делает упор на разработку процессора CFAR позволяющего усреднять мощность шума по скользящему окну, тем самым выделяя микро-доплеровский сдвиг.

#### МЕТОД ДОПЛЕРОВСКОЙ ФИКСАЦИИ УНИКАЛЬНЫХ СИГНАТУР.

С появлением технологии СШП радиолокации появилась возможность классификации целей по характерным микро-доплеровским портретам, появилась возможность распознавания людей, животных и других малоразмерных целей. Особенно актуальна тема распознавания БПЛА.

Данный подход включает в себя компиляцию методов, нацеленных на получение информативной картины о типе БПЛА. Сюда входит задача оценки доплеровского сдвига, выравнивание диаграммы Доплера для непосредственного компенсирования движения объекта, а также формирование уникальных типов классификаторов для квадрокоптеров, самолетов, вертолетов, птиц и т.д. Также каждый тип классификатора формирует характерную доплеровскую сигнатуру в зависимости от ориентации и движения.

Можно выделить основные этапы алгоритма распознавания:

1. получение данных рассеяния от объекта и оцифровка сигнала;
2. преобразование данных в частотно-временное представление с последующим построением спектрограммы с применением алгоритма кратковременного преобразования Фурье (STFT);
3. фильтрация канала данных;
4. выделение микро-Доплеровских сигнатур;
5. анализ признаков и получение результата.

Далее приведены результаты моделирования микро-Доплеровского сдвига сигнала, отраженного от

воздушных лопастей одного из роторов, движущихся в азимутальной плоскости. Основным элементом моделирования – пропеллер 9×4.7 дюйма, применяемый во многих моделях квадрокоптеров (рис. 1).

Принятый радаром сигнал описывается комплексным выражением, характеризующим отражение от множества движущихся точек рассеяния:

$$S(t) = \sum_{k=1}^K a_k e^{j\phi(t)} e^{j2\pi f_i t},$$

$$S(t) = \sum_{k=1}^K a_k e^{j2\pi (f_c + f_{Dk}) t}$$

где:  $a_k e^{j\phi(t)}$  – сигнал отражения от  $k$ -ой блестящей точки с информацией о фазе;  $f_{Dk}$  – сдвиг Доплера в радиальном направлении от радара для  $k$  центров рассеяния;  $\phi(t) = 2\pi f_{Dk} t$ .

Для фильтрации сигнала применяется процедура спектрального вычитания в частотной области [4]. Если из зашумленного сигнала вычесть средний уровень шумовой последовательности можно повысить показатель отношения сигнал/шум.

Для того чтобы построить карту двумерного энергетического распределения в зависимости от частоты и времени применяется алгоритм кратковременного преобразования Фурье. Однако при использовании временного ряда данных длиной и короткой последовательности наблюдается изменение частотных компонент. Так, если записанная последовательность достаточно длинная, то на диаграмме STFT будет представлен обобщенный усредненный частотный базис, тогда как при короткой последовательности частотный базис хорошо выражен в мгновенном временном промежутке.

Преобразование STFT описывается формулой, в итоге получается массив точек  $fxt$ :

$$X(f, t) = \sum_{m=0}^{M-1} x(m) w(n-m) e^{j2\pi f m},$$

где:  $x(m)$  – входной сигнал;  $w(n-m)$  – оконная функция размером  $M$ ;  $f$  – значение частоты.



Рис. 1. Модель воздушного винта

На рис. 2 представлен отклик в формате STFT от одного пропеллера, имеющего две лопасти. Всплески выше/ниже 0 характеризуют движение лопастей к радару и от радара. Тогда как сплошная линия в центре символизирует непосредственное движение самого объекта.

Параметры формирования спектрограммы: несущая частота  $f_0$  составляет 9.5 ГГц, частота дискретизации  $f_d = 48$  кГц, описываемый пропеллером радиус  $r = 0.05$  м, ширина окна спектрограммы 128 точек, перекрытие окна 120 точек, для FFT число точек 1024.

Так как исследуемый объект находится в движении, то также существует и отклик, характерный для траектории полета, который необходимо скомпенсировать. Можно предположить, что объект, попавший в зону радара, наблюдается как максимум отражающей способности и особенно заметен на картинке спектрограммы. Найдя максимум, скомпенсируем движение по ранее введенной одномерной Гауссовой весовой функции.

$$w(f) = ae^{-f^2/2\sigma^2}$$

Таким образом, выполнив свертку сигнала с весовым окном, точки с максимальной энергией контрастируют, а соседние претерпевают кластеризацию. На рис. 3 показан график после процедуры кластеризации точек.

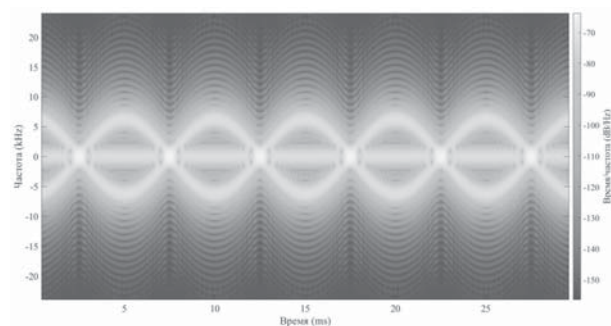


Рис. 2. Диаграмма сигнала без шумовой обработки и кластеризации

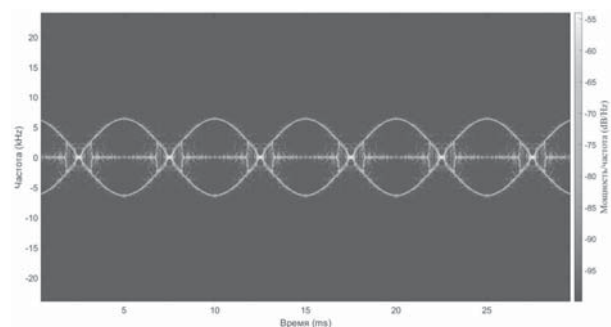


Рис. 3. Диаграмма с результатом шумоподавления

Приведенные выше диаграммы справедливы для одного несущего ротора, тогда как при использовании квадрокоптера с множеством роторов диаграмма существенно изменится, а именно добавятся дополнительные доплеровские сдвиги. На рис. 4 представлены конфигурации квадрокоптеров с различными направлениями вращений роторов.

Затем находится трек скорости объекта по принципу выбора максимального значения амплитуды, соответствующей частоте частоты на каждой единице времени. По завершению прохода массива данных строится график скорости объекта по максимальному значению в зависимости от времени. В итоге финальную кривую линию нужно аппроксимировать полиномом первой степени для удаления лишних выбросов методом линейной интерполяции. Уже в таком случае линия преобразуется в прямую линию для скорости объекта.

В дополнение извлекаются данные о скорости вращения лопастей. Расчетная скорость вращения  $v_{rad}$  [рад/с] составляет примерно 90 м/с, определяется как:

$$v_{rad} = \omega r = 2 \times \pi \times RPS \times r$$

Данная характеристика квадрокоптера сильно отличается от частоты взмахов птиц, которая составляет примерно 20 Гц, поэтому в моменты времени планирования, смещение Доплера вовсе не наблюдается, что приводит к отсутствию симметричных всплесков на диаграмме.

Наличие защитных кожухов для лопастей существенно влияет на уровень отраженного сигнала в худшую сторону, однако при перемещении квадрокоптера 2 из 4 роторов начинают вращаться быстрее, что приводит к изменению угла наклона относительно земли вплоть до 30° градусов, это позволяет получить необходимую информацию о частоте.

На построенной диаграмме (рис. 3) число оборотов в секунду (RPS) выбрано 125 или (125 Гц) с отрицательным знаком для первого ротора и составляет примерно 90 м/с, а переход к частоте осуществляется по выражению:

$$f_{поворота} = \frac{v_{rad}}{\pi \times 2 \times r}$$

Непосредственно значение частоты сдвига Доплера при условии движения объекта перпендикулярно радару не вызывает никакого смещения, кроме вращающихся лопастей, в нашем случае, и вычисляется в соответствии с выражением

$$f_D = \frac{2 \times v_{rad} \times f_0}{c} = \frac{2 \times v_{rad}}{\lambda}$$

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Так как исследуемый объект достаточно мал, то для обнаружения целесообразно использовать СШП сигналы. Защитные кожухи, выполненные из радиопогла-

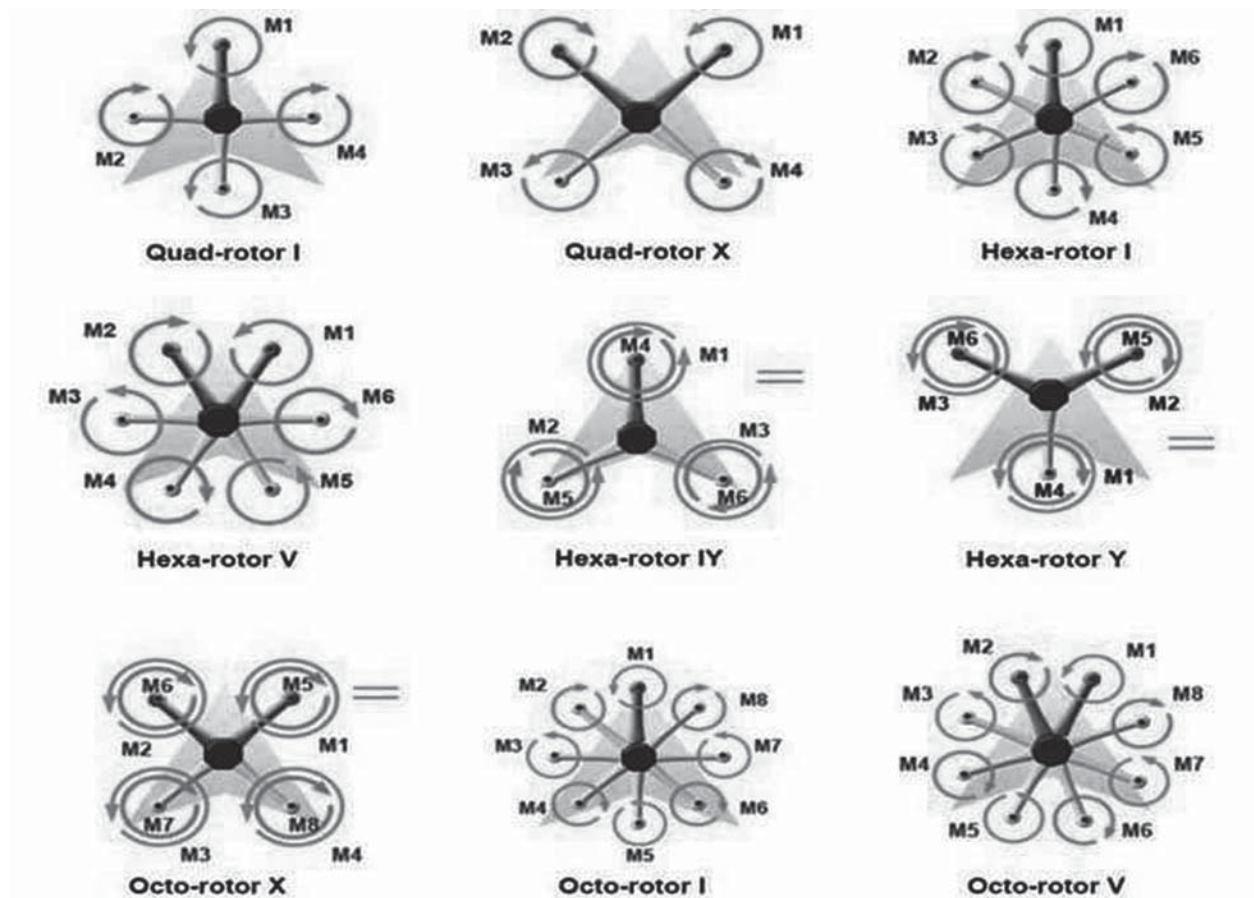


Рис. 4. Схема направлений вращений роторов квадрокоптера

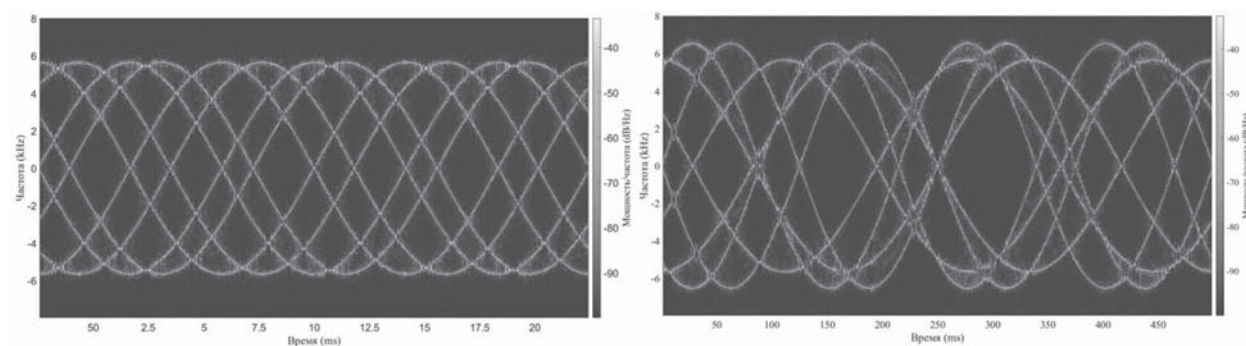


Рис. 5. Диаграмма сдвига Доплера для четырехмоторного квадрокоптера при зависании и рысканье

щающих материалов сильно снижают отражающую способность и фактически закрывают вращающиеся элементы конструкции. Также, пропеллеры выполненные из пластика, фактически имеют ту же отражающую способность что и тонкий цилиндр, хотя это свойство и было использовано при моделировании процесса вращения лопастей.

В статье описан процесс синтеза микро-Доплеровских сигнатур, присущих квадрокоптеру, а также в отдельности для одного ротора. Основным инструментом работы с искусственным сигналом выступает двумерное преобразование STFT, на его основе получены подтверждающие диаграммы Доплеровского сдвига. А так же на диаграмме отражены расчетные

значения частоты вращения ротора при заданных параметрах пропеллера.

На левой диаграмме STFT (рис. 5) изображено зависание квадрокоптера при равномерном вращении всех роторов, такой рисунок характерен для коптеров без защитных кожухов. В тоже время на правой диаграмме смоделирована ситуация полета, приводящая к изменению максимальной частоты Доплера вследствие наклона коптера в одну из сторон.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. АНАНЕНКОВ А.Е., МАРИН Д.В., НУЖДИН В.М., РАСТОРГУЕВ В.В., СОКОЛОВ П.В. К вопросу о наблюдении малоразмерных беспилотных летательных аппаратов, Труды МАИ. Выпуск № 91.
2. BILLINGSLEY J.B. Ground clutter measurements for surface-sited radar. Massachusetts Inst. of Tech. Lexington Lincoln Laboratory, Tech. Rep., February 1993.
3. NUSS B., SIT L., FENNEL M., MAYER J., MAHLER T., ZWICK T. MIMO OFDM Radar System for Drone Detection. Conference Paper, June 2017.
4. VERTELETSKAYA E., SIMAK B. Enhanced spectral subtraction method for noise reduction with minimal speech distortion. 17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP 2010.

**М.И. Ашряпов,**  
инженер АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

*Научный руководитель: Д.А. Охотников – заведующий кафедрой, к.т.н., Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

☎ тел.: +7 (909) 974-44-27, e-mail: 3754248124@mail.ru



УДК 621.396.663

# АВТОМАТИЗАЦИЯ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ АППАРАТУРЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ АВИАЦИОННОГО БАЗИРОВАНИЯ

**Р.К. Бурносов, Т.В. Осипова,  
А.И. Фоченков**

АО «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИМ. АКАДЕМИКА А.И. БЕРГА»

Рассматривается новая методика проведения испытаний аппаратуры радиоэлектронного наблюдения, сущность которой заключается в автоматизации компонентов испытательного стенда с использованием программного обеспечения, приведен алгоритм функционирования программного обеспечения, графический интерфейс и основные результаты оценки эффективности. Также были рассмотрены особенности проведения испытания по определению точности пеленгования на поверхности Земли.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *аппаратура радиоэлектронного наблюдения, радиомониторинг, испытания, автоматизация, программное обеспечение.*

Сущность радиоэлектронной борьбы (РЭБ) составляет: ведение наблюдения с помощью специальных радиоэлектронных средств наблюдения; подавление радиоэлектронных средств (РЭС) и систем управления войсками и оружием противника преднамеренными помехами; осуществление комплекса организационно-технических мероприятий по защите всеми доступными способами и средствами своих радиосредств и систем управления от подавления противником, т.е. по обеспечению безопасности их работы.

Радиоэлектронное наблюдение (РЭН) является основой РЭБ, оно добывает сведения о РЭС противника и, в частности, о связных и радиолокационных станциях управления, используемых во всех видах вооруженных сил. С помощью РЭН устанавливается их назначение, тип, местоположение и тем самым выявляются замыслы и планы противника, дислокация штабов и командных пунктов управления войсками и оружием, баз, стартовых площадок ракетных систем и т.д.

Средства наблюдения действуют в целях непосредственного радиоэлектронного подавления радиосредств противника. Они в состоянии: быстро

## THE AUTOMATION OF GROUND TEST OF THE AIR-BASED SYSTEMS FOR ELECTRONIC MONITORING

**R.K. Burnosov,  
T.V. Osipova, A.I. Fochenkov**  
JSC «CNIRTI THEM. ACADEMICIAN  
A.I. BERG»

In this article describes the new method of testing system for electronic monitoring, the essence of which is the automation of the testing elements through the development of software, presents the algorithm of software, the graphical interface and the main results of the efficiency evaluation. Also in the article the features of the testing for determination the accuracy of bearing on the surface of the earth were considered.

**KEYWORDS:** *system for electronic monitoring, radiomonitoring, testing, automation, software.*

определить несущую частоту обнаруженных сигналов РЭС; определить направление прихода принимаемых сигналов и, в конечном счете, местоположение источников излучений; точно определять основные параметры сигналов, а именно: виды модуляции или манипуляции сигнала, режим передачи сигнала (импульсный, непрерывный), длительность импульсов РЭС, частоту их повторения; обеспечивать целеуказание [1].

Современные системы РЭН являются достаточно сложными радиоэлектронными устройствами, что приводит к увеличению объема и глубины проведения проверок и испытаний. В связи со стремительным развитием персональных электронно-вычислительных машин и измерительных приборов, все чаще ставится задача разработки автоматизированных методик испытаний аппаратуры РЭН.

В данной работе рассматривается аппаратура авиационного базирования, т.е. размещенная на самолете-носителе. Испытания аппаратуры в эксплуатационных режимах самолета-носителя необходимы, но являются достаточно дорогостоящей и трудоемкой процедурой. Однако большую часть испытаний можно провести на поверхности Земли, учитывая определенные факторы, которые будут описаны в данной статье.

В связи с вышесказанным задача разработки программного обеспечения, позволяющего автоматизировать процесс испытаний и учесть проблемы, возникающие при проведении их на поверхности Земли, является актуальной.

**ОПИСАНИЕ АППАРАТУРЫ РЭН  
 И ПРИНЦИПОВ ЕЕ РАБОТЫ**

Структурная схема аппаратуры РЭН представлена на рис. 1.

Аппаратура представляет собой многоканальный фазовый пеленгатор с возможностью определения координат угломерным способом [4].

Аппаратура состоит из следующих элементов:

- антенная система: состоит из антенных устройств, каждое из которых представляет собой линейную антенную решетку и предназначена для приема сигналов с удаленных источников радиоизлучения;
- многоканальное приемное устройство: представляет собой многоканальный широкодиапазонный супергетеродинный приемник, он служит для преобразования входного высокочастотного сигнала на промежуточную частоту для оцифровки;
- блок гетеродина: представляет собой набор синтезаторов гетеродинных сигналов, необходимых для преобразования частоты;
- бортовой регистратор: предназначен для регистрации, документирования и передачи информации оператору;
- блок управления: служит для управления всеми устройствами системы по команде оператора;
- вычислительное устройство: предназначено для формирования команд управления блоками системы, оцифровки входных сигналов, определения радиотехнических параметров сигналов и их пеленгов, формирования информационных сообщений и передачи их в бортовой регистратор.

**МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

Любая радиотехническая система независимо от типа и назначения обладает определенными тактическими и техническими характеристиками.

Под тактическими характеристиками понимают те показатели, при которых достигаются цели практического использования системы. С тактическими характеристиками радиотехнической системы связаны ее технические характеристики.

Существуют три основных метода оценки тактико-технических характеристик радиотехнической системы: расчетный (аналитический), натурных испытаний и опытно-теоретический [3].

Недостатком расчетного метода является то, что он не позволяет учесть многообразие факторов, влияющих на характеристики радиотехнической системы в реальных условиях функционирования. Недостатком метода натурных испытаний является его ограниченность или зачастую невозможность проведения, т.к. такой вид испытаний требует больших затрат во времени и средствах.

В настоящее время при испытаниях аппаратуры РЭН широко применяют опытно-теоретический метод, позволяющий оценить с требуемой достоверностью характеристики аппаратуры при минимальных затратах времени и средств. В данном случае функционирует большая часть аппаратуры, а входные воздействия имитируются.

Выбор объема и условий проведения испытаний определяются количеством параметров и требований, выдвигаемых к системе и описанных в техническом задании, исходя из ее назначения. Требуется производить обнаружение радиосигналов за короткий промежуток времени и производить оценку параметров сигналов с довольно высокой точностью. Соответственно предъявляются высокие требования к настройке, проверке и испытаниям системы РЭН.

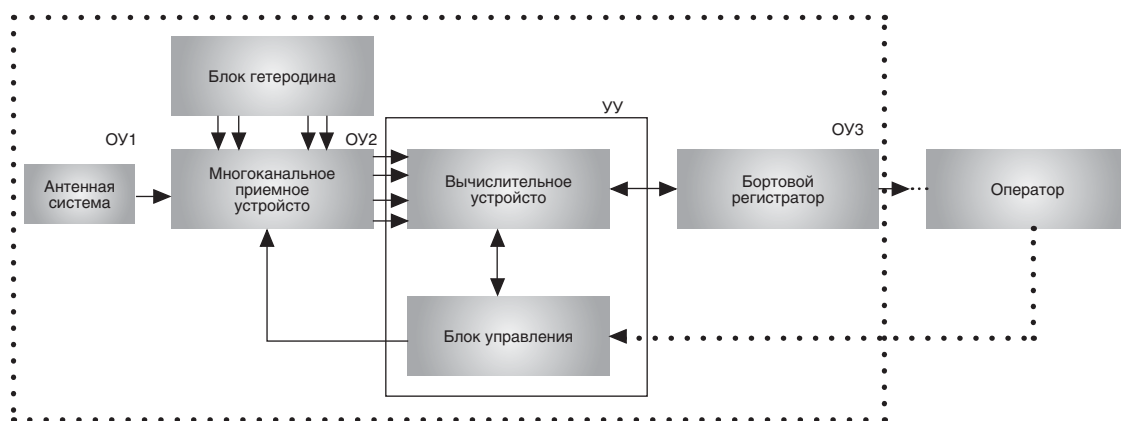


Рис. 1. Структурная схема аппаратуры РЭН

Одним из способов повышения эффективности процесса испытаний является автоматизация управления испытательной аппаратурой, выполнение испытаний и проверка результатов. Например, использование программного обеспечения даст возможность осуществления или проведения определенных процессов испытания.

Предлагаемая схема проведения испытаний аппаратуры РЭН представлена на рис. 2.

В ОУ1 (антенная система) подается входной сигнал с генератора сигналов. Генератор сигналов управляется при помощи ПК2 по интерфейсу Ethernet с использованием стандарта SCPI. Аппаратура РЭН управляется при помощи ПК1, оператор устанавливает при помощи специализированного программного обеспечения рабочий режим аппаратуры.

Оператор устанавливает значения параметров сигнала в программном обеспечении, затем они отправляются на генератор сигналов. Генератор формирует сигнал с заданными оператором параметрами, далее сигнал поступает в аппаратуру РЭН.

Переключение параметров сигнала на генераторе производится при помощи команд управления, отправляемых с ПК2.

Стандарт SCPI – язык команд для приборов, предназначенный для работы с диагностическими и измерительными устройствами. Стандарт SCPI позволяет с помощью унифицированных команд управлять любыми устройствами, поддерживающими данный стандарт. Таким образом, использование представленного стандарта предполагает возможность замены измерительного устройства без глубокого изменения программного обеспечения.

Данный стандарт поддерживается современными разработчиками измерительных приборов, таких как Agilent Technologies, Rohde & Schwarz, Planar и др.

Предложенная схема проведения испытаний аппаратуры РЭН предполагает создание программного обеспечения для взаимодействия генератора сигналов и персонального компьютера, в функции которого будет входить автоматическое переключение сигналов на генераторе в соответствии с заданной циклограммой

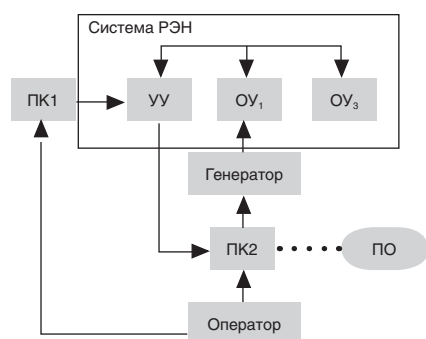


Рис. 2. Схема проведения испытаний

работы, автоматизированный сбор и анализ данных и последующая визуализация полученных результатов.

### ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Разрабатываемое программное обеспечение можно представить в виде функциональной блок-схемы, изображенной на рис. 3.

На первом этапе происходит определение значений параметров проверки аппаратуры, создание конфигурационных файлов и сохранение значений в файл.

На втором этапе производится инициализация компонентов испытательного стенда аппаратуры РЭН, считывание параметров из конфигурационного файла и задание программы испытаний системы, передача команд управления генератором сигналов.

Третий этап программного обеспечения предназначен для приема данных от аппаратуры РЭН, обработки полученной информации и ее сохранения в текстовый файл.

Четвертый этап включает в себя предварительную фильтрацию полученных данных, обработку и визуализацию полученного результата проверки аппаратуры РЭН.

В соответствии с функциональной схемой, представленной на рис. 3, был разработан общий алгоритм работы программного обеспечения, представленный в блок-схеме на рис. 4.

В ходе работы был разработан графический интерфейс оператора. Для программной реализации использованы пакеты программ, отвечающие следующим требованиям: использование языка высокого уровня (С++), возможность реализации программы в реальном времени, создание специальных библиотек.

Внешний вид стартового окна интерфейса оператора представлен на рис. 5.

Программное обеспечение предполагает создание файла проведения испытаний аппаратуры РЭН, а также сбор и обработку данных приходящих с аппаратуры РЭН, используя уже созданный конфигурационный файл.

При нажатии на экранную кнопку «Создать конфигурационный файл» высвечивается дополнительное окно «Настройка параметров проведения испытаний», представленное на рис. 6.

Оператор задает значения параметров проведения испытаний аппаратуры РЭН в доступные поля данного окна в форматах:

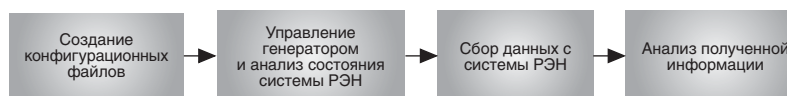


Рис. 3. Функциональная блок-схема

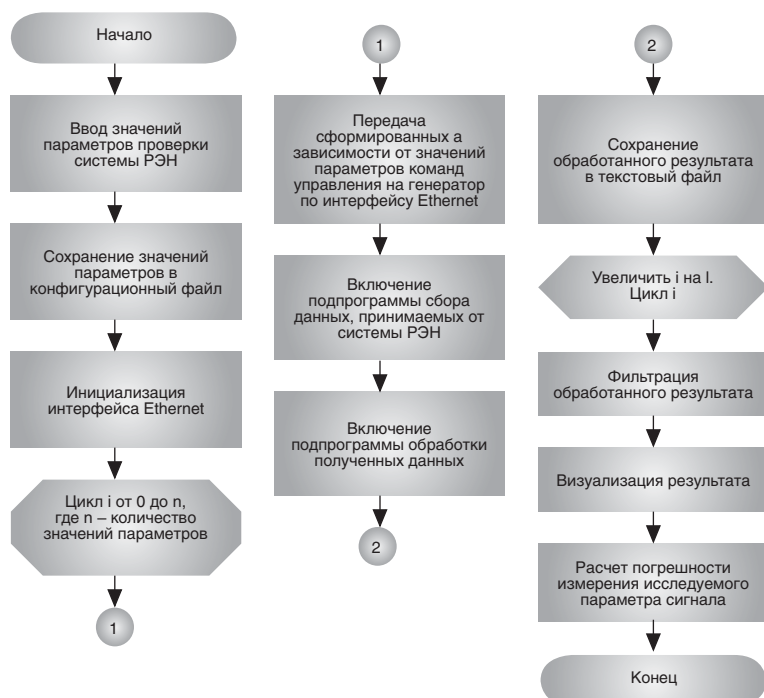


Рис. 4. Алгоритм работы программного обеспечения

- для циклического режима: «НАЧАЛО: КОНЕЦ: ШАГ»;
- для одиночного режима вводятся: либо одно значение каждого параметра, либо через запятую для прохождения по нескольким значениям параметров сигнала.

Также оператор выбирает значения параметров фильтрации результата, полученного от аппаратуры РЭН.

При нажатии на экранную кнопку «Сохранить» файл со значениями параметров проведения испытаний сохраняется в папке с программным обеспечением в формате «.dctcfg», а файл со значениями параметров фильтрации результата – в формате «.gtcfg».

Далее окно «Настройка параметров проведения испытаний» закрывается.

При нажатии на экранную кнопку «Перейти к проверке» (рис. 5) высвечивается дополнительное окно «Сбор данных», представленное на рис. 7.

Оператор выбирает ранее созданный конфигурационный файл проверки и нажимает на экранную кнопку «ОК».

В процессе выполнения передаваемые команды управления отображаются в текстовом поле, а также на индикаторе выполнения отображается процент выполненной работы.

После окончания сбора данных программное обеспечение автоматически отображает окно «Обработка результата» (рис. 8).

Обработанные файлы хранятся в папке с программным обеспечением. При нажатии на экранную кнопку «Обработать график» каждый файл загружается последовательно.

Далее высвечивается окно графика функции полученного результата. Пример графика функции представлен на рис. 9.

График функции измеряемого параметра представляет собой зависимость полученных значений параметра от количества обработанных импульсов. По полученному графику можно визуально оценить точность измерения радиотехнических параметров.

При нажатии на кнопку «Заккрыть» в окне вывода графика функции высвечивается информационное окно с рассчитанным значением погрешности определения параметра сигнала, изображенное на рис. 10.

По окончании анализа всех полученных файлов с результатами программное обеспечение автоматически завершает свою работу.

Для оценки эффективности функционирования разработанного программного обеспечения было выполнено испытание с целью определения зависимости объема проверок от времени, затраченного на проведение.

Испытание основано на сравнении двух методик проведения проверки аппаратуры РЭН:

- путем выставления значений параметров сигнала оператором на панели управления генератора;
- при помощи разработанного программного обеспечения.

Для первой методики оператор записывает на каждой частоте определенное количество значений результата. Далее при помощи программы Excel строит график функции и визуально оценивает результат. Также при помощи математических функций Excel рассчитывает погрешность измеряемого параметра. Таким образом, общее время, затраченное на проведение испытания, составило 150 минут (~2.5 часа).

При проведении испытаний по второй методике использовалось разработанное программное обеспечение.

Результаты проведения испытаний по первой и второй методике представлены на рис. 11 и 12 соответственно.

В результате проведения испытания по методике с использованием программного обеспечения длительность испытания составило 35 минут, а погрешность измерения параметра частоты составила 0.0671482.

Таким образом, длительность испытаний уменьшилась на 77% без потери точности измерения пара-

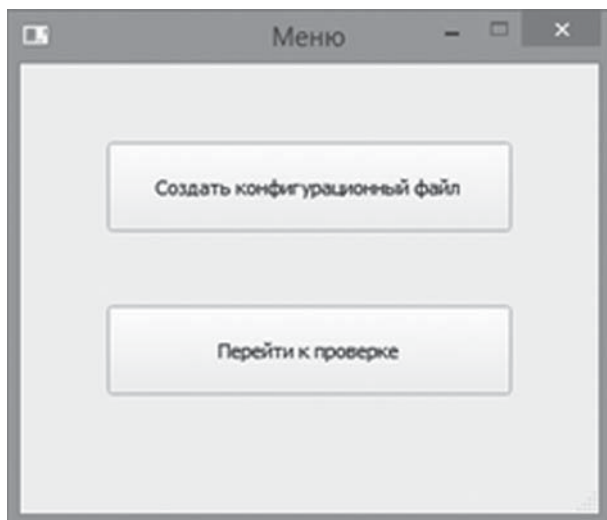


Рис. 5. Стартовое окно интерфейса оператора

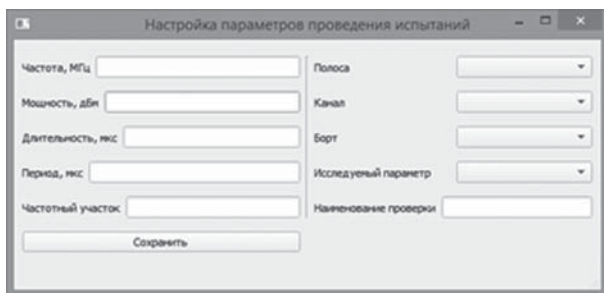


Рис. 6. Окно «Настройка параметров проведения испытаний»

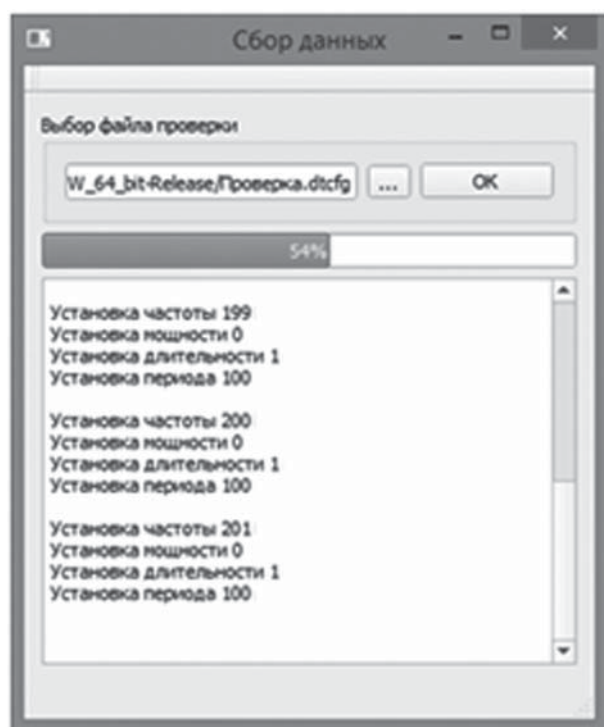


Рис. 7. Окно «Сбор данных»

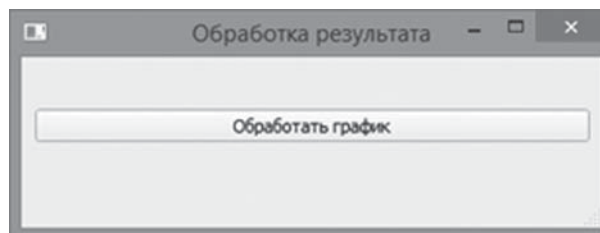


Рис. 8. Окно «Обработка результата»

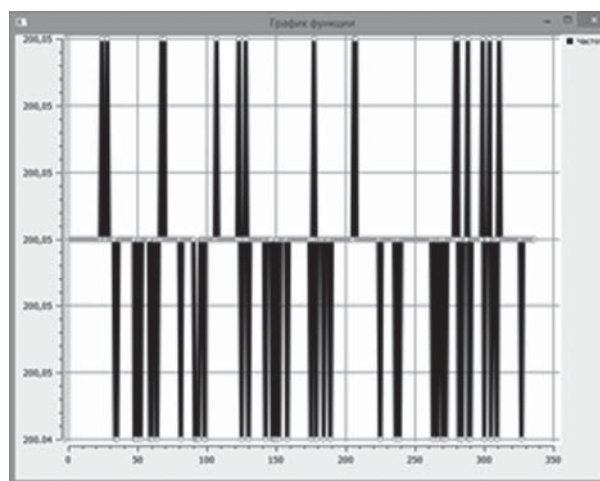


Рис. 9. Окно вывода графика функции

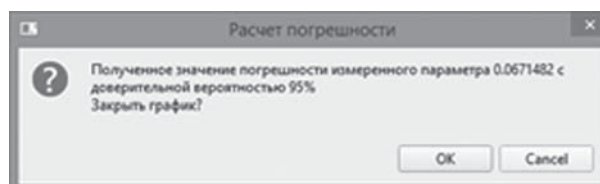


Рис. 10. Окно «Расчет погрешности»

метров, о чем свидетельствует отклонение погрешности, не превышающее 0.06%.

При проведении испытаний аппаратуры РЭН в наземных условиях для проверки определения точности пеленгования принимаемого сигнала на антенной системе необходимо учитывать следующие ошибки:

- вносимые приемно-усилительным трактом аппаратуры;
- вносимые трактом антенной системы.

После проведения анализа существующих методов испытаний был предложен метод, позволяющий учитывать вносимые трактом антенной системы ошибки. Назовем их корректирующие коэффициенты.

Алгоритм проведения испытаний для определения корректирующих коэффициентов состоит из следующих действий:

1. установка измерительной антенны;
2. определение расстояния от измерительной антенны до реперных точек антенной системы с помощью лазерного дальномера;
3. расчет теоретических значений разностей фаз приходящих на принимающие антенны антенной системы;
4. расчет корректирующих коэффициентов на основе теоретических значений разностей фаз и значений фаз, полученных аппаратурой.

Схема расположения источника юстировочного сигнала (ИЮС) и антенной панели в системе координат антенной панели представлена на рис. 13.

Расчет фазы принимаемого сигнала на  $i$ -й антенне проводится в соответствии со следующей формулой [2]:

$$\varphi_i = \frac{\text{ОСТФТ}\left(\frac{D_{iA}}{\lambda}\right)}{\frac{\lambda}{360}},$$

где  $D_{iA}$  – расстояние от ИЮС до принимающей антенны  $i$ ;  $\lambda$  – длина волны.

После определения корректирующих коэффициентов можно переходить к следующему этапу испытаний. Следующий этап испытаний – проверка правильности определения угла направления на источник радиоизлучения. Структурная схема сферического и плоского фронта волны представлена на рис. 14.

Испытания в дальней зоне предполагают, что источник радиоизлучения удален от аппаратуры РЭН на большое расстояние. Учитывая это можно считать, что от ИРИ на приемные антенны приходит волна с плоским фронтом.

Граница дальней зоны определяется соотношением размеров антенны и длины волны:

$$r \geq 2 \frac{D^2}{\lambda}$$

где  $r$  – расстояние от фазового центра антенны;  $D$  – максимальный габаритный размер антенны (размер апертуры);  $\lambda$  – длина волны.

При проведении испытаний в ближней зоне вследствие незначительного удаления источника от антенной системы фронт волны не является плоским.

При проведении данного испытания существует проблема устранения сферичности принимаемой волны [5]. Одним из решений данной проблемы при испытаниях в наземных условиях является компенсация измеренных разностей фаз рассчитанными корректирующими коэффициентами, которые учитывают сферичный фронт волны.

Алгоритм проведения испытаний для определения корректирующих коэффициентов для имитации плоского фронта волны состоит из следующих действий:

Р.К. БУРНОСОВ, Т.В. ОСИПОВА, А.И. ФОЧЕНКОВ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
АППАРАТУРЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО  
НАБЛЮДЕНИЯ АВИАЦИОННОГО БАЗИРОВАНИЯ

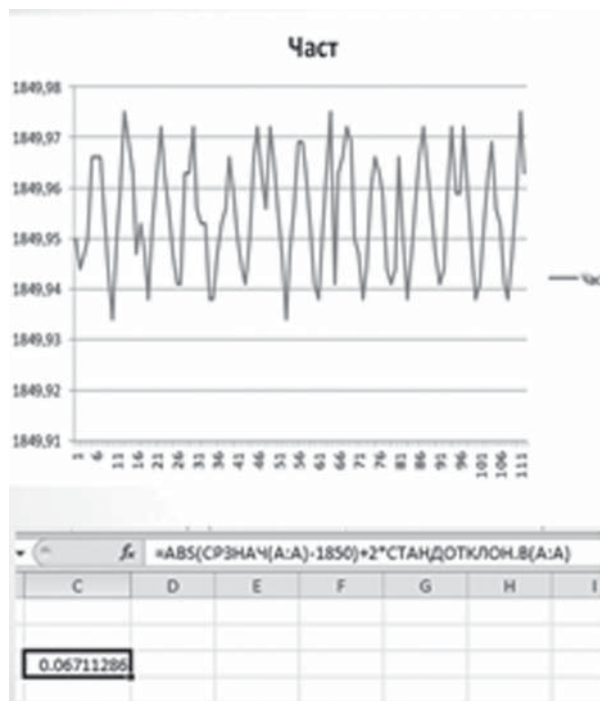


Рис. 11. Результаты проведения по первой методике

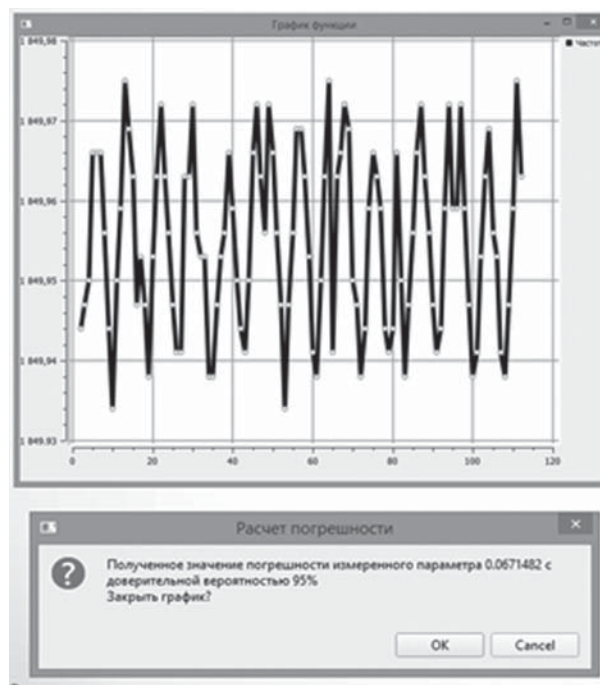


Рис. 12. Результаты проведения по второй методике

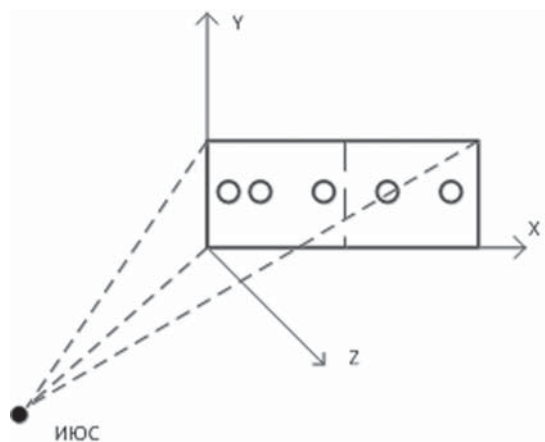


Рис. 13. Источник юстировочного сигнала и антенная панель в системе координат антенной панели

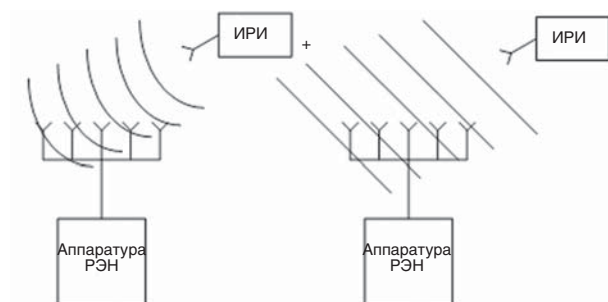


Рис. 14. Сравнение сферического и плоского фронта волны

1. Определение направления измерительной антенны относительно фазового центра антенной системы;
2. Расчет теоретических значений разностей фаз при получении плоского фронта волны (для обеспечения этого пункта необходимо принять фазу принимаемого сигнала на первой принимающей антенне антенной системы константой, равной 90°);
3. Расчет корректирующих коэффициентов на основе теоретических значений разностей фаз при получении плоского фронта волны и значений фаз, полученных аппаратурой без учета корректирующих коэффициентов.

После загрузки в аппаратуру значений корректирующих коэффициентов, сформированных для имитации плоского фронта волны, необходимо сравнить и проанализировать истинное значение угла и значение угла, полученное аппаратурой.

По результатам проведенного анализа методики определения корректирующих коэффициентов и создания алгоритма работы было разработано программное обеспечение для расчета фазы принимаемо-

го сигнала аппаратурой РЭН. Внешний вид первого и второго окна программного обеспечения представлен на рис. 15 и 16.

Оценку точности определения аппаратурой направления на источник излучения можно получить как среднеквадратическое отклонение рассчитанного значения угла пеленга от полученных аппаратурой РЭН, необходимо взять выборку результатов работы аппаратуры РЭН и определить среднеквадратическое отклонение по следующей формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

где  $X_i$  – элемент выборки;  $\bar{X}$  – среднее арифметическое по результатам выборки.

Значение среднеквадратического отклонения, полученное по результатам данных вычислений, не должно превышать значения, указанные в требованиях на испытываемую систему РЭН.

### Выводы

В статье была описана автоматизированная методика проведения наземных испытаний, опробованная и отлаженная на современной аппаратуре РЭН авиационного базирования. Подводя итоги можно сделать следующие выводы:

- существует возможность провести значительную часть испытаний в наземных условиях, что приводит к экономии материальных ресурсов;
- применение современных измерительных приборов позволяет автоматизировать процесс испытаний радиоэлектронного оборудования;
- автоматизация процессов управления и обработки результатов испытания позволяет проводить испытания аппаратуры РЭН в реальном времени;
- разработанное в ходе работы программное обеспечение позволяет существенно снизить затрачиваемое время ~77% без потери точности измерения параметров;
- применение описанной методики определения точности пеленгования позволяет проводить испы-

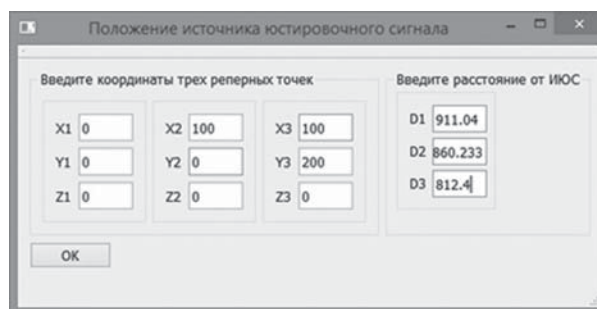


Рис. 15. Внешний вид первого окна программного обеспечения

Расчет значений фаз

Введите координаты принимающих антенн

Антенна N01	Антенна N02	Антенна N03	Антенна N04	Антенна N05
X1 5	X2 25	X3 45	X4 65	X5 85
Y1 50	Y2 50	Y3 50	Y4 50	Y5 50

Введите частоту ЮС  
f 1500000000

Получение рабочих поправок  
 Получение для плоского фронта

Полученные расстояния  
D1 893.038 D2 882.11 D3 871.505 D4 861.233 D5 851.307

Полученная длина волны  
Длина волны 20

Полученная фаза сигнала		Полученная разность фаз	
Антенна N01	-54.684	Антенна N01	-74.684
Антенна N02	37.98	Антенна N02	17.98
Антенна N03	-27.09	Антенна N03	-47.09
Антенна N04	22.194	Антенна N04	2.194
Антенна N05	-23.526	Антенна N05	-43.526

Выберите файл результатов аппаратуры

Расчет

Рис. 16.

Внешний вид второго окна программного обеспечения

тания аппаратуры в ближней зоне и нивелировать фазовые ошибки, присущие тракту антенной системы аппаратуры РЭН.

Основными достоинствами описанного метода испытаний и программного обеспечения являются простота организации и уменьшение временных затрат испытаний.

Р.К. БУРНОСОВ, Т.В. ОСИПОВА, А.И. ФОЧЕНКОВ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
АППАРАТУРЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО  
НАБЛЮДЕНИЯ АВИАЦИОННОГО БАЗИРОВАНИЯ

## ЛИТЕРАТУРА

1. Байлов В.В., Плаксиенко В.С. Средства радиоэлектронного наблюдения: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТТИ, 2009. 104 с.
2. Корнев В.В. Синтез многобазового пеленгатора и устранение неоднозначности оценки пеленга источника излучения при фазовом методе измерения угла прихода электромагнитной волны / Радиопромышленность. 2004. №1.
3. Леонов А.И., Леонов С.А., Нагулинко Ф.В и др. Испытания РАС (оценка характеристик). Под ред. А.И. Леонова. М.: Радио и связь, 1990. 208 с.
4. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин А.В. Радиомониторинг: задачи, методы, средства. М.: Горячая линия-Телеком, 2006.
5. Слюсар В.И. Коррекция характеристик приемных каналов цифровой антенной решетки по контрольному источнику в ближней зоне / Радиоэлектроника. 2003. №1.

**Бурносов Р.К.**,  
начальник сектора НТО-32.22, АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

✉ e-mail: 07-rs@rambler.ru.  
тел.: +7 (926) 610-30-01

**Осипова Т.В.**,  
инженер 3-й категории НТО-32.22 АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

✉ e-mail: whiterose95@mail.ru.  
тел.: +7 (916) 013-78-97

**Фоченков А.И.**,  
инженер 3-й категории НТО-32.22 АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

✉ e-mail: andrei-fochenkov@mail.ru.  
тел.: 8-926-393-34-91

✉ 107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 20, стр. 9,  
107078, Moscow, st. Novaya Basmannaya, 20, p. 9,



УДК 550.24

# ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЛИТОСФЕРУ

Е.В. АРХИПОВА<sup>1</sup>,  
А.Д. ЖИГАЛИН<sup>2,3</sup>,  
Г.В. БРЯНЦЕВА<sup>1,3</sup>, И.С. ГУСЕВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ДУБНА»

<sup>2</sup> ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ  
ИМ. О.Ю. ШМИДТА РАН

<sup>3</sup> МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

На основе временных рядов количества землетрясений за период с 1973 по 2018 гг. выявлены тренды поведения сейсмичности верхних горизонтов коры в условиях интенсивных техногенных воздействий. Принимались во внимание регионы с активной ролью в общей системе накопления и разрядки упругих напряжений в различных геодинамических обстановках, включая зоны субдукции, коллизии и рифтогенеза. Среди антропогенных воздействий рассматривались бомбардировки и добыча углеводородов – триггеры, которые вызывают наиболее чувствительный отклик геофизической среды. Показано, что активизация землетрясений верхних горизонтов коры по времени совпадает с началом триггерных воздействий. При этом увеличение активности наблюдается не только в районах воздействия, но и в смежных геодинамически связанных областях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** геофизическая среда, активизация землетрясений, верхние горизонты коры, триггерные воздействия.

## ВВЕДЕНИЕ

Конец XX – начало XXI вв. принято рассматривать как новый период увеличения сейсмической активности Земли, обусловленный автоколебательным циклическим развитием сейсмических процессов. Вместе с тем, уделяется недостаточно внимания тому факту, что особый вклад в общее увеличение активности сильных землетрясений вносят события, очаги которых локализованы в верхних горизонтах коры (рис. 1). Возможно, это явление связано с ростом масштабов и интенсивности техногенных воздействий на литосферу.

## ENVIRONMENTAL AND GEOPHYSICAL ASPECTS OF THE INFLUENCE OF TECHNOGENIC IMPACT ON THE LITHOSPHERE

E.V. ARKHIPOVA<sup>1</sup>, A.D. ZHIGALIN<sup>2,3</sup>,  
G.V. BRYANTSEVA<sup>1,3</sup>, I.S. GUSEVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> STATE UNIVERSITY «DUBNA»

<sup>2</sup> THE SCHMIDT INSTITUTE OF PHYSICS  
OF THE EARTH OF THE RUSSIAN ACADEMY  
OF SCIENCES

<sup>3</sup> LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

Based on the time series of the number of earthquakes during the period from 1980 to 2018 the trends in the seismic behavior of the upper crustal horizons under conditions of intense anthropogenic impacts are revealed. Regions with an active role in the general system of accumulation and discharge of elastic stresses in various geodynamic settings, including subduction, collision and rift zones, were taken into account. Among the technogenic impacts were considered the bombing and hydrocarbon production – triggers that cause the most sensitive response of the geophysical environment. It is shown that the activation of earthquakes in the upper crustal horizons coincides in time with the onset of trigger effects. At the same time, an increase in activity is observed not only in the areas of impact, but also in adjacent geodynamically related areas.

**KEYWORDS:** geophysical environment, activation of earthquakes, upper crustal horizons, trigger effects.

## ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ КАК ИСТОЧНИК ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Формирование запасов упругой энергии, реализуемой при землетрясениях, происходит в ходе глобальных геодинамических процессов, связанных с конвергенцией литосферных плит. Большинство сейсмических событий происходит в пределах двух поясов Земли – Тихоокеанского (ТОП), опоясывающего акваторию Тихого океана, и Альпийско-Гималайского (АГП), разделяющего Северную Евразию и плиты Гондванской группы: Индийскую, Аравий-

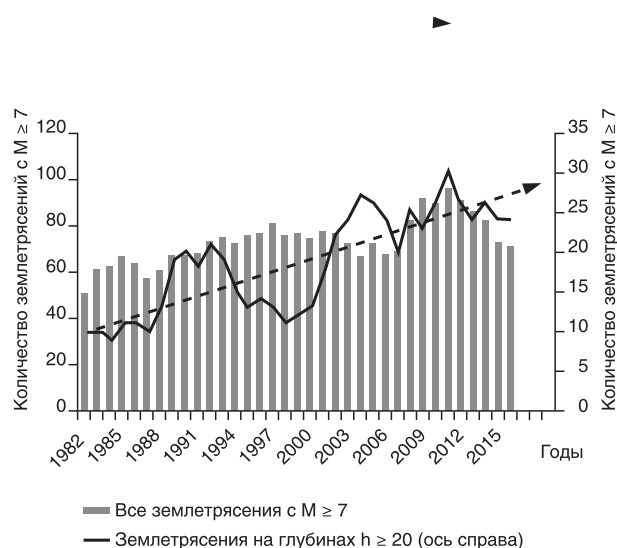


Рис. 1.

Изменение годового числа сильных землетрясений с  $M \geq 7$  по миру для периода с 1980 по 2018 гг. Скользящее среднее по 5 годам со сдвигом в 1 год, на оси абсцисс обозначена середина 5-летнего интервала. Гистограмма представляет изменение общего количества землетрясений, на графике отражен временной ход событий на глубинах до 20 км, пунктирная линия показывает линейный тренд изменения количества землетрясений на глубинах до 20 км с прогнозом на ближайшие годы

скую и Адриатическую. В первом случае происходит субдукция — пододвигание океанической литосферы Тихоокеанской плиты под смежные континенты и островные дуги. В результате формируются сейсмофокальные зоны, очаги землетрясений в пределах которых располагаются вплоть до глубин более 600 км, но большинство событий сосредоточено на глубинах до 70 км.

Во втором случае взаимодействие плит носит коллизионный характер — происходит столкновение Северной Евразии с плитами Гондванской группы, которое сопровождается интенсивными деформациями: торшением и сучиванием горных масс, образованием складчато-надвиговых структур новейших горно-складчатых сооружений. В сейсмический процесс в пределах и в окрестности орогенов вовлекается, главным образом, кора, нижняя граница которой в области максимального сближения опускается до глубин около 70 км. С востока на запад интенсивность коллизионных процессов снижается. Наиболее глубокая степень деформаций наблюдается в зоне коллизии Индостана и Евразии (ИЕКО). В пределах этой зоны деформации затрагивают и чехол, и структуры фундамента, сопровождаются высокой сейсмичностью. На западном фланге ИЕКО, на территории Афганистана, расположена Памиро-Гиндукушская сейсмофокальная зона мантийных землетрясений с очагами на глубинах до 240 км.

## ВЛИЯНИЕ «ТРИГГЕРОВ» НА СЕЙСМИЧНОСТЬ

Напряженность на границах плит реализуется в ходе сейсмического процесса, который может протекать как самопроизвольно, так и под влиянием «триггеров» — относительно слабых воздействий, способных активизировать сейсмогеодинамические системы в метастабильном состоянии и приблизить момент землетрясения в уже «подготовленном» будущем очаге. Интенсивность воздействия триггеров естественного происхождения меньше по сравнению с техногенными, но их влияние чаще всего имеет глобальный характер. К таким триггерам относят удаленные сильные землетрясения, различные космофизические факторы, такие как вариации электромагнитной активности Солнца, гравитационные взаимодействия в системе Земля-Луна-Солнце, изменения угловой скорости вращения Земли и др. [6, 8].

Техногенные триггеры отличаются гораздо большим разнообразием и, как правило, более высокой энергией воздействий локального характера. В их числе подземные ядерные испытания, карьерные и шахтные взрывы, добыча полезных ископаемых скважинным способом, использование технологии гидроразрыва пласта при добыче сланцевых углеводородов и доизвлечения запасов из традиционных коллекторов, методы подземной геотехнологической подготовки месторождений, закачка химических и радиоактивных отходов в скважины, работа сейсмических вибраторов, МГД-генераторов, бомбардировки в сейсмоопасных районах с использованием глубинных бомб, боеприпасов объемного взрыва, «ковровые бомбардировки» [2, 3, 4, 10, 12]. С ростом возможностей техносферы влияние техногенных триггеров приобретает всеобъемлющий характер. По своему энергетическому потенциалу они мощнее природных, действуют непосредственно на уровне верхних горизонтов коры, их суммарное влияние на геофизическую среду на современном этапе существенно превышает эффективность природных триггеров и способно вызывать нелинейную суперпозицию реакций сложных природных сеймотектонических систем.

## ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Реакция геофизической среды на триггеры зависит во многом от ее энергетического потенциала, а, последний, в свою очередь, от характера и интенсивности геодинамических процессов в области воздействия. По интенсивности реакции на внешние воздействия можно выделить несколько типов среды: пассивная, активированная, энергетически истощенная, энергонасыщенная.

Пассивные среды асейсмичны и не дают ответной реакции, поскольку отсутствует запасенный энергетический потенциал. К таким средам можно отнести стабилизированные платформенные территории с

равновесным состоянием, сформированным в течение протяженных периодов геологической истории. Переход таких сред в активированные возможен при длительном воздействии, таком как, например, добыча твердых полезных ископаемых шахтным способом. В работе [9] приводятся данные по активизации стабильных территорий много спустя после начала разработки, а для некоторых шахт – уже после завершения эксплуатации месторождения. Интервал между началом разработок и проявлением возбужденной сейсмичности может достигать от 2 до 87 лет [9]. Классическим примером проявления возбужденной сейсмичности являются сильные землетрясения в Газли в 1974 и 1986 гг., вызванные разработкой газового месторождения и произошедшие спустя 14 и 22 года после начала разработки. Пассивная среда способна активизироваться и при нарушении стабильного напряженно-деформированного состояния в результате заполнения водохранилищ. Как правило, слабые землетрясения начинают проявляться сразу же после заполнения водохранилищ, но сильные – спустя 2–3 года.

Энергетически истощенная среда либо не реагирует, либо дает очень слабый отклик на триггерные воздействия. Такая среда характерна для периферийных областей, расположенных на удалении от зон максимального проявления геодинамических процессов, в пределах, так называемых «геодинамических убежищ». Изменения уровня сейсмичности в их пределах носят автоколебательный характер, и реакция на триггеры возможна только в период активизации. На минимуме активности такая среда ведет себя как пассивная. Примером областей с автоколебательным режимом могут служить фланговые участки зон коллизии АПП, например, Анатолийская микроплита к западу от области максимального сближения Евразии и Аравии или Иранское нагорье, расположенное к востоку от этой области [7].

Энергетически активная среда находится в неравновесном состоянии и чутко реагирует на триггерные воздействия. В качестве энергетически активных выступают области максимального сближения литосферных плит в зонах коллизии Альпийско-Гималайского пояса, зоны ЗВБ в пределах Тихоокеанского пояса. При наличии триггерных воздействий возможно резкое увеличение активности сейсмических событий в таких областях и распространение активизации на смежные геодинамически связанные объемы литосферы. В предлагаемой статье представлен анализ общих тенденций изменения активности землетрясений в пределах энергетически активных областей. Поскольку зоной приложения техногенных воздействий являются верхние горизонты, проводился, главным образом, анализ трендов изменения активности энергетически активных зон на глубинах до 20 км.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для анализа выбраны сейсмоактивные мегаструктуры Евразии в пределах и в ближайших окрестностях Российской Федерации, обособленные в структуре активных поясов и обладающие индивидуальными особенностями современного геодинамического развития. В южном обрамлении РФ рассматривались восточный фланг Аравийско-Евразийской зоны коллизии (АЕКО) и зона коллизии Индостана и Евразии (ИЕКО). На юге Восточной Сибири выбрана Байкальская рифтовая система (БРС), которая является крупнейшей сейсмогенерирующей структурой и, по существу представляет собой дивергентную границу в зоне взаимодействия Евразийской и Амурской плит. На Дальнем Востоке это острова Сахалин и Хоккайдо, которые входят в состав Сахалино-Японской островной дуги, а также Курило-Камчатская островная дуга. Для каждой из выбранных областей анализировался спектр возможных техногенных воздействий, способных привести к активизации сейсмичности.

Фактическим материалом для проведения исследования стал мировой каталог землетрясений Геологической службы США в интервале с 1973 по 2018 гг. [11]. С использованием каталога сделаны выборки сейсмических событий для энергетически активных районов. Представительность выборок оценивалась с использованием графиков повторяемости, на их основе отсеивались непреставительные события малых магнитуд. В качестве минимальной выбрана магнитуда  $M_{min}=4,5$ , поскольку для всех выбранных регионов события с  $M_{min} \geq 4,5$  являются представительными. В итоге основной объем выборок представляют события средней силы, которые отражают процесс разрушения в пределах значительных объемов литосферы. В отличие от достаточно редких сильных событий, количество событий с  $M_{min} \geq 4,5$  является статистически значимым и дает возможность для расчета и корректной парной корреляции временных рядов.

Все выборки сканировались по глубинам с выявлением сейсмоактивных горизонтов, и для верхних горизонтов до глубин 20 км рассчитывались временные ряды годового количества землетрясений. Для выявления долговременных трендов выполнялось скользящее осреднение временных рядов годового количества землетрясений, в основном, по 5 годам и сдвигом в один год. Для графиков временных рядов проводилось построение линейных трендов и сопоставление с хронологией техногенных воздействий, способных спровоцировать активизацию сейсмичности.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

*Тихоокеанский пояс.* В пределах Тихоокеанского пояса анализ трендов изменения сейсмичности верхних горизонтов коры выполнен для его северо-западного сегмента, который включает Курило-Камчатскую

островную дугу, расположенный в западной части Охотоморской плиты о. Сахалин и о. Хоккайдо, представляющий собой область торцевого сочленения Курило-Камчатской и Сахалино-Японской островных дуг. Геодинамическое развитие северо-западного сегмента Тихоокеанского пояса проходит в условиях общего процесса субдукции Тихоокеанской литосферной плиты под островные дуги северо-западного обрамления Тихого океана, на который накладываются процессы регионального и локального характера, такие как спрединг в Охотском море, трансформация структур под воздействием сжатия и локальных вертикальных движений отдельных блоков.

Проявления сейсмичности северо-западного сегмента являются следствием наложения и взаимодействия современных геодинамических процессов различного масштаба. Значительное количество очагов землетрясений о-ва Сахалин расположено на небольших глубинах и приурочено к локальным геологическим структурам типа надвигов, реализующих сжатие в юго-западной части острова, связанное с процессами спрединга в Охотском море, а также разломов с правосдвиговой компонентой. Землетрясения на мантийных глубинах происходят реже. Наиболее известным из них является сейсмическое событие с  $M=8,3$ , произошедшее в 2013 г. в Охотском море на глубине около 600 км. В пределах Курило-Камчатской зоны землетрясения приурочены, главным образом, к зоне ЗВБ, часть из них связана с активными разломами типа листрических сбросов, появление которых обусловлено формированием системы продольных асимметричных поднятий и впадин Центральной Камчатки.

Объединяет структуры о. Сахалин и о. Хоккайдо Хоккайдо-Сахалинский глубинный мегасдвиг, в зоне которого расположены основные скопления углеводородов островной части региона. Субдукционная зона вдоль о. Хоккайдо прослеживается как цепь мелкофокусных землетрясений, формирующих сейсмофокальную зону, наклоненную под остров до глубин около 50 км. Возникшую на границе Японского моря и Японских островов конвергентную зону связывают с раскрытием Байкальского рифта [13].

В пределах северо-западного сегмента Тихоокеанского пояса разрабатываются месторождения каменного и бурого угля, коренного и россыпного золота, самоцветного сырья, полиметаллических руд, строительных материалов, но наиболее интенсивно ведется добыча углеводородов на шельфе о. Сахалин. На базе разведанных месторождений сахалинского шельфа сформированы проекты «Сахалин 1, 2, 3». «Сахалин-1» является одним из крупнейших инвестиционных шельфовых проектов России, предусматривает разработку трех морских месторождений, расположенных на северо-восточном шельфе острова в акватории Охотского моря – Одопту-море, Чайво, Аркутун-Даги. Потенциальные извлекаемые запасы составляют

307 млн т нефти и 485 млрд куб. м природного газа. В 1989 году на месторождении Аркутун-Даги пробурена первая нефтяная скважина, а с начала реализации проекта консорциумом «Сахалин-1» пробурено 9 из 10 самых протяженных скважин в мире [5].

Анализ тенденций изменения сейсмичности верхних горизонтов коры для о. Сахалин, о. Хоккайдо и Курило-Камчатской островной дуги показывает, что с момента начала эксплуатации нефтегазовых запасов шельфа о. Сахалин резко возросло количество землетрясений на глубинах до 20 км (рис. 2, А). В меньшей степени, но почти одновременно, активизировалась сейсмичность малых глубин в районе о. Хоккайдо, сейсмичность Курило-Камчатской дуги также демонстрирует тренд на активизацию верхних горизонтов, но в гораздо меньшей степени (рис. 2, Б, В).

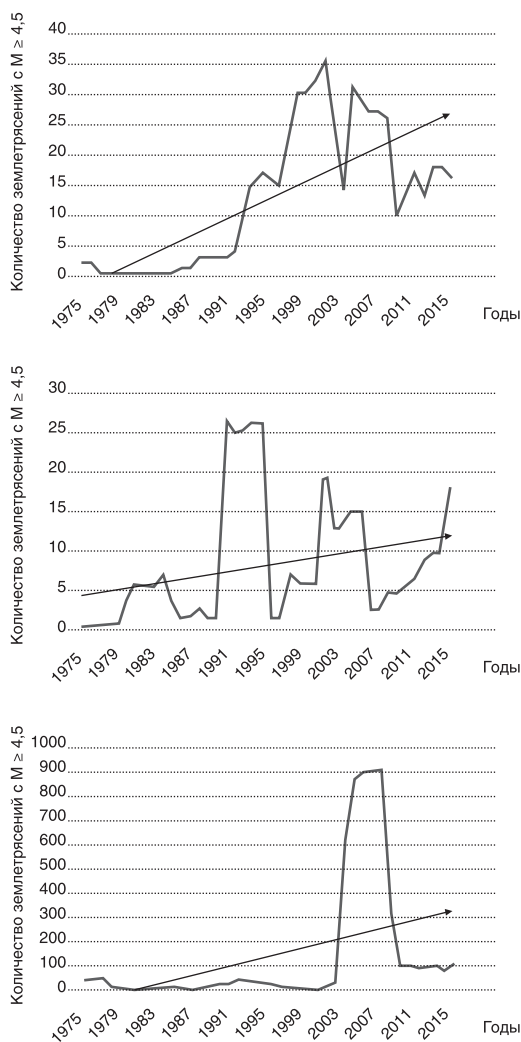


РИС. 2. Изменение годового количества землетрясений с  $M \geq 4,5$  на глубинах менее 20 км с 1973 по 2018 гг. со скользящим усреднением по 5 годам, сдвиг 1 год. А – о. Сахалин, Б – о. Хоккайдо, В – Курило-Камчатская островная дуга. Стрелкой показан линейный тренд

При сопоставлении годового количества землетрясений о. Сахалин с моментом начала эксплуатации месторождения Аркутун-Даги очевидно, что увеличение активности началось именно с этого времени (рис. 3). Наиболее мощным сейсмическим событием региона стало Нефтегорское землетрясение 1995 г., очаг которого располагался на глубине 18 км. При прогнозируемой для этой зоны интенсивности в 7 баллов, землетрясение было 9-балльным и рассматривается сейсмологами в качестве природно-техногенного.

*Альпийско-Гималайский пояс.* Развитие современной структуры Альпийско-Гималайского пояса происходит в условиях коллизии Северной Евразии с плитами Гондванской группы. В пределах РФ расположен только Северо-Кавказский сегмент пояса. Он находится на восточном фланге Аравийско-Евразийской зоны коллизии и является одним из элементов линейной протяженной Крым-Кавказ-Копетдагской зоны. Остальные сейсмоактивные структуры АГП располагаются южнее, но оказывают влияние на развитие смежных платформенных территорий Северной Евразии, объединяясь с ними в составе единых сейсмогеодинамических систем.

С востока на запад снижается интенсивность коллизионных процессов, уменьшается высота горноскладчатых сооружений пояса, изменяется положение границы Мохо и уровней локализации очагов землетрясений. Если в зоне коллизии Индостана и Евразии большинство очагов землетрясений находится на глубинах до 70–80 км, а в Памиро-Гиндукушском регионе может достигать 240 км, то на западе, в пределах Анатолии, например, большинство гипоцентров располагается на глубинах до 20 км, исключение составляют лишь очаги глубоких землетрясений Карпатской сейсмофокальной зоны Вранча.

Одним из наиболее продолжительных и интенсивных воздействий на геологическую среду в пределах АГП является добыча углеводородов. Предгорные прогибы АГП представляют собой природные кладо-

вые углеводородного сырья, которые разрабатываются с конца XIX в., в некоторых регионах уже более 150 лет, и уже в значительной степени исчерпаны. Масштабы дефлюидизации в районах нефтедобычи столь высоки, что существуют опасения, что это может негативно сказаться на демпфирующих свойствах среды районов традиционных нефтепромыслов. В настоящее время первое место в мире по добыче нефти занимает Саудовская Аравия, активно ведут эксплуатацию нефтяных месторождений и другие страны, расположенные в пределах АЕКО.

Еще одним из значимых факторов влияния на геологическую среду регионов АГП являются постоянно вспыхивающие на его территории региональные конфликты. С конца XX в. многие регионы пояса в значительной мере пострадали от военных действий, по существу, являясь полигонами для испытания систем новейших вооружений. В 1998 г. велась бомбардировка Ирака, расположенного во фронтальной части Аравийской плиты, в 1999 г. бомбардировки промышленных районов Югославии, с 2001 г. ведутся боевые действия на западном фланге ИЕКО в Афганистане, в 2008 г. произошел вооруженный конфликт в Ю. Осетии, в 2011 г. активно велась бомбардировка Ливии. Наиболее эффективными в плане сейсмического отклика являются воздействия, осуществляемые на большой площади. К их числу относят «ковровые бомбардировки». Использование боеприпасов объемного взрыва производит эффект «хлопка» по поверхности с формированием низкочастотных колебаний, способных вступать в резонанс с собственными колебаниями среды. Индуцирующий характер также имеет применение глубинных бомб в горных районах с осуществлением ударного воздействия на значительных глубинах.

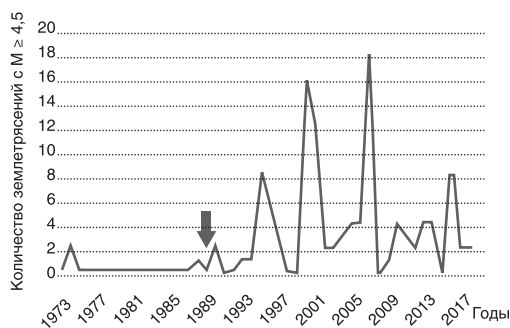


Рис. 3.

Изменение годового количества землетрясений о. Сахалин с  $M \geq 4,5$  на глубинах менее 20 км с 1973 по 2018 гг. Вертикальной стрелкой показан год начала реализации проекта «Сахалин-1»

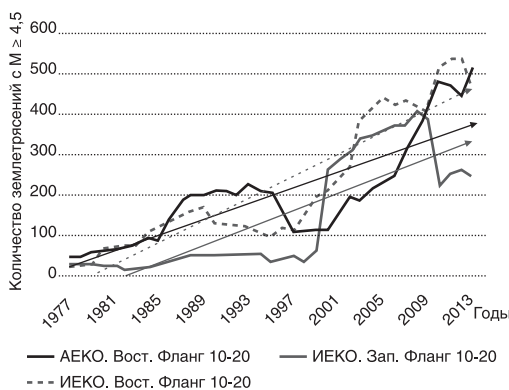


Рис. 4.

Изменение годового количества землетрясений АГП с  $M \geq 4,5$  на глубинах менее 20 км с 1973 по 2018 гг. со скользящим усреднением по 5 годам, сдвиг 1 год. Соответствующими по оформлению стрелками показаны линейные тренды для каждого из регионов

ТАБЛИЦА 1.

Сравнение количества землетрясений до и после бомбардировок (по [3])

Район военных действий		Магнитуда М			Глубина очага Н, км		
		М≤4	4<М≤5	М>5	Н≤33	33<Н≤120	Н>120
Афганистан, 2001 г.	до бомбардировок	35	41	11	54	16	17
	после бомбардировок	56 (1,60)	68 (1,70)	12 (1,09)	94 (1,74)	33 (2,06)	9 (0,53)
Ирак, 2003 г.	до бомбардировок	40	26	4	52	13	5
	после бомбардировок	67 (1,68)	48 (1,85)	12 (3,00)	94 (1,81)	23 (1,77)	10 (2,00)
Ю. Осетия 2008 г	до бомбардировок	10	25	3	33	4	-
	после бомбардировок	21 (2,10)	41 (1,64)	3 (1,0)	62 (1,88)	3 (0,75)	-
Ливия 2011 г.	до бомбардировок	2	46	6	44	6	4
	после бомбардировок	1 (0,5)	67 (1,46)	10 (1,67)	73 (1,66)	3 (0,5)	2 (0,5)

Примечание: В скобках приведен коэффициент воздействия КВОЗД. — отношение суммарного числа землетрясений с разной магнитудой и глубиной гипоцентра после бомбардировок к суммарному числу землетрясений за такой же предшествующий период.

В работе [3] показано, что активность умеренных и слабых землетрясений верхних горизонтов земной коры возрастает после бомбардировок на значительном расстоянии от источников воздействия, представляющих собой районы боевых действий (табл. 1).

Анализ графиков годового количества землетрясений на верхних сейсмоактивных уровнях коры демонстрирует общий тренд на увеличение количества событий для западного фланга ИЕКО, а также для восточных флангов АЕКО и ИЕКО (рис. 5). При детальном рассмотрении на графиках временных рядов годового количества землетрясений видно, что заметное увеличение активности регионов АГП происходит именно с начала XXI в. и по времени совпадает с началом военных действий в 2001 г. в Афганистане, расположенном на западном фланге ИЕКО. Резкий скачок активизации заметен для АЕКО после бомбардировок в Ливии в 2011 г.

*Байкальская рифтовая зона.* Байкальская рифтовая зона представляет собой структуру растяжения в условиях всплывания аномально разогретого мантийного диапира на стыке Евразийской и Амурской плит. За счет вращения Амурской плиты по часовой стрелке северо-восточнее растяжение приобретает сдвиговую компоненту, а затем, уже в районе Олекмо-Становой зоны сменяется сжатием и формированием систем взбросов и надвигов со сдвиговой компонентой перемещений. БРС характеризуется исключительно высокой сейсмической активностью. Возможная интенсивность землетрясений в ее центральной части, в районе оз. Байкал достигает 9 баллов. Очаги землетрясений располагаются неглубоко, и приурочены, в основном к верхним 20 км.

К северу от БРС, в южном обрамлении Восточно-Сибирской платформы, в пределах Ангаро-Ленской ступени и Непско-Ботубобинской антеклизы, располагаются нефтегазоносные провинции, активное

освоение запасов которых предусмотрено в качестве одного из основных приоритетов социально-экономического развития на ближайшие десятилетия. В непосредственной близости, к северо-западу от оз. Байкал располагаются Чиканское и Ковыктинское газоконденсатные месторождения. Ковыктинское месторождение, одно из самых крупных газовых месторождений в мире, с запасами около 2 трлн кубометров газа и более 83 млн т газового конденсата, открыто в 1987 г., его опытно-промышленная эксплуатация началась с 2001 г.

Анализ тренда изменения сейсмичности БРС на глубинах до 20 км показывает рост количества землетрясений малых глубин начиная с конца XX в. (рис. 6). Это время совпадает с началом эксплуатации нефтегазовых запасов юга Восточно-Сибирской платформы, для реализации которых уже построена система магистральных нефтепроводов ВСТО и строится магистральный газопровод «Сила Сибири» [1]. Активизация землетрясений БРС на небольших глубинах, возможно, связана с изменением напряженно-деформированного состояния геологической среды и нарушением флюидного режима геодинамических систем на юге Восточной Сибири.

## ВЫВОДЫ

Анализ трендов изменения количества землетрясений верхних горизонтов коры показывает увеличение сейсмической активности на глубинах до 20 км, которое происходит в условиях интенсивных техногенных воздействий. Для регионов северо-западного сектора Тихоокеанского пояса в значительной степени сказывается влияние нефтедобычи на шельфе о. Сахалин, это влияние ощущается также для о. Хоккайдо, и почти отсутствует для Курило-Камчатской дуги. Повидимому, тесная связь проявлений сейсмичности о. Сахалин и о. Хоккайдо, связана с тем, что они объеди-

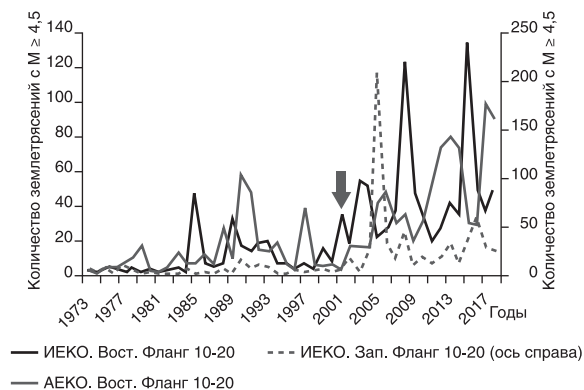


Рис. 5.

Изменение годового количества землетрясений АГП с  $M \geq 4,5$  на глубинах менее 20 км с 1973 по 2018 гг. Вертикальной стрелкой обозначен год начала военных действий в Афганистане. ИЕКО — область коллизии Индостана и Евразии, АЕКО — область коллизии Аравии и Евразии

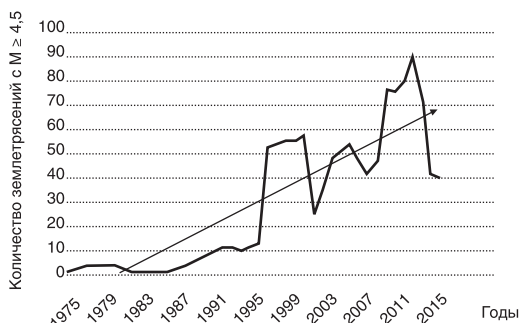


Рис. 6.

Изменение годового количества землетрясений Байкальской рифтовой системы с  $M \geq 4,5$  на глубинах менее 20 км с 1973 по 2018 гг. со скользящим осреднением по 5 годам, сдвиг 1 год. Стрелкой показан линейный тренд

нены в единой структуре Сахалино-Японской островной дуги и геодинамически связаны в единой системе накопления и разрядки тектонических напряжений.

Для регионов, расположенных в пределах коллизионных областей Альпийско-Гималайского пояса, также намечен тренд на активизацию сейсмичности верхних горизонтов, но активизация по времени совпадает с началом военных действий в Афганистане, на западном фланге ИЕКО. Этот участок пояса обладает наиболее высоким энергетическим потенциалом, и, вероятно, оказывает влияние на смежные фланги коллизионных областей, которые объединены с ним в пределах общей сейсмогеодинамической системы.

Сейсмичность БРС, в основном, сконцентрирована на небольших глубинах, поэтому говоря об активизации верхних горизонтов до 20 км, можно констатировать общее увеличение активности для этой зоны, совпадающее по времени с началом интенсивной эксплуатации месторождений углеводородов на южной периферии Восточно-Сибирской платформы и Иркутского амфитеатра.

В итоге, для сейсмоактивных зон в пределах и в окрестности Российской Федерации наблюдается активизация сейсмичности верхних горизонтов коры, по времени совпадающая с увеличением техногенных воздействий различного характера. Среди наиболее интенсивных триггеров сейсмичности добыча углеводородов, которая затрагивает относительно более глубокие горизонты геофизической среды, обеспечивает дефлюидизацию коры и потерю демпфирующих свойств, а также бомбардировки в ходе региональных конфликтов. Запуск перестройки системы накопления и разрядки напряжений в пределах сейсмически активных структур с увеличением активности землетрясений с гипоцентрами на малых глубинах может привести к увеличению числа жертв и разрушений в ходе

сильных землетрясений, поскольку события с близповерхностными очагами при одинаковой энергии обладают наиболее катастрофичными последствиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. АНИСИМОВА О.В., АРХИПОВА Е.В. Активизация сейсмичности Байкальской рифтовой системы в условиях нарастания темпов хозяйственного освоения Восточной Сибири / Сб. мат-ов XVIII Меж. конф. «Геологическая среда, минерагенические и сеймотектонические процессы». Воронеж: Изд-полиграф. центр «Научная книга». 2012. С. 17–20.
2. АРХИПОВА Е.В. Влияние внешних факторов на сейсмичность Турции / Вестн. Межд. унив-та природы, общества и человека «Дубна». 2012. №2 (27). С. 3–12.
3. АРХИПОВА Е.В., ЖИГАЛИН А.Д., МОРОЗОВА Л.И., НИКОЛАЕВ А.В. Ванское землетрясение 23.10.2011 г.: естественные и техногенные причины / Докл. АН. 2012. Т. 446. № 4. С. 438–441.
4. АРХИПОВА Е.В., ЖИГАЛИН А.Д., НИКОЛАЕВ А.В. Сейсмогеодинамические процессы в литосфере Евразии в условиях возрастающего техногенного воздействия / Сб. мат-ов XVIII Межд. конф. «Геологическая среда, минерагенические и сеймотектонические процессы». Воронеж. Изд-полиграф. центр «Научная книга». 2012. С. 44–46.
5. Богатства шельфа Сахалина / Режим доступа: свободный. Дата обращения: 09.04.2019. [http://www.cdu.ru/tek\\_russia/articles/1/450/](http://www.cdu.ru/tek_russia/articles/1/450/)
6. ГОРЬКАВЫЙ Н. Н., ТРАПЕЗНИКОВ Ю. А., ФРИДМАН А.М. О глобальной составляющей сейсмического процесса и ее связи с наблюдаемыми особенностями вращения Земли // Докл. АН. 1994. Т. 338. №4. С. 525–527.

7. Короновский Н.В., Брянцева Г.В., Архипова Е.В., Анисимова О.В. Структурно-геоморфологический анализ и сейсмичность Иранского региона // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2017. Т. 92, № 3. С. 12–22.
8. Миронов А.П., Латынина Л.А., Милюков В.К. Деформационные процессы в литосфере, сильнейшие землетрясения и глобальная геодинамика Земли. URL: <http://lnfm1.sai.msu.ru/grav/russian/life/chteniya/sagit2009/mirinov.pdf>. Режим доступа: свободный. Дата обращения: 16.03.2019.
9. Трофимов В.Т., Харькина М.А., Григорьева И.Ю. Экологическая геодинамика: учебник / ред. В.Т. Трофимов. М.: КДУ, 2008. 473 с.
10. Трофимов В.Т., Николаев А.В., Жигалин А.А., Барабошкина Т.А., Харькина М.А., Архипова Е.В. Расширение добычи нефти и газа и возрастание экологического риска // Вестн. моск. ун-та, Сер. 4: Геол. № 3. С. 7–16.
11. Earthquake Data Base United States Geological Survey URL: <http://earthquake.usgs.gov>. Режим доступа: свободный. Дата обращения: 09.01.2019.
12. Nikolaev A.V., Arkhipova E.V., Zhigalin A.D., Morozova L.I. The effect of Mass Bombing Attacks on Seismicity / European Seismological Commission 33rd General Assembly 19–24 August 2012, Moscow, Russia/ Oral presentation, Program of Assembly. P. 59.
13. Тамаки К., Хонза Е. Incipient subduction and obduction along the Eastern margin of the Japan Sea // Tectonophysics. 1985. V. 119. P. 381–406.

---

**Архипова Елена Витальевна**,  
к.г.-м.н., доцент кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна»

☎ 141982 г. Дубна Московской обл., ул. Университетская, д. 19  
141982, Moscow region, Dubna, Universitetskaya str., 19  
тел.: +7-926-424-21-95, +7 (495)939-11-97,  
e-mail: olenageo@mail.ru

**Жигалин Александр Дмитриевич**,  
к.г.-м.н., в.н.с. Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, в.н.с. кафедры инженерной и экологической геологии МГУ им. М.В. Ломоносова, в.н.с. ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта

☎ 123995, Москва, ул. Большая Грузинская, 10, стр. 1,  
123995, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya str., 10-1,  
тел.: +7 903681-24-07, e-mail: zhigalin.alek@yandex.ru

**Брянцева Галина Владимировна**,  
к.г.-м.н., доцент кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

☎ 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, ком. 716,  
119234, Moscow, GSP-1, Lenin hills, Lomonosov Moscow state University  
тел.: +7(495) 939-20, e-mail: bryan.bryan@yandex.ru

**Гусева Ирина Сергеевна**,  
аспирант кафедры экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна»

☎ 141982 г. Дубна Московской обл., ул. Университетская, д. 19  
141982, Moscow region, Dubna, Universitetskaya str., 19  
тел.: +7 (962) 968-28-23,  
e-mail: gusewa.irin2011@yandex.ru



УДК 347.9

## СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА В ОБЛАСТИ ПАТЕНТНОГО ПРАВА

В.Е. Китайский

РОССИЙСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
АКАДЕМИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

В статье рассмотрены вопросы осуществления судебной патентной экспертизы, охватывающей такие объекты патентного права, как изобретения, полезные модели и промышленные образцы. В последние два десятилетия значительно расширилась практика использования экспертиз в судебных процессах, связанных с выявлением фактов незаконного использования запатентованных объектов патентного права. Однако в этой области науки отсутствуют рекомендованные методики экспертных исследований и каждый эксперт проводит такие исследования и составляет экспертные заключения в соответствии со своим собственным опытом. Автор данной статьи, имеющий почти двадцатилетний опыт такой работы, приводит основные методические положения, выработанные им в практической деятельности.

**Ключевые слова:** *судебная экспертиза, объекты патентного права, изобретения, полезные модели, промышленные образцы, методика исследования, экспертное заключение, законодательство.*

К объектам патентных прав Гражданский кодекс Российской Федерации (далее – ГК РФ) в пункте 1 статьи 1349 относит результаты интеллектуальной деятельности (далее – РИД) в научно-технической сфере, отвечающие установленным ГК РФ требованиям к изобретениям и полезным моделям, и результаты интеллектуальной деятельности в сфере дизайна, отвечающие установленным ГК РФ требованиям к промышленным образцам. Объекты патентного права относятся к интеллектуальной собственности в соответствии со статьей 1225 ГК РФ, а также к объектам промышленной собственности в соответствии с пунктом (2) статьи 1 «Конвенции по охране промышленной собственности» (Заключена в Париже 20.09.1883 г.).

Судебная экспертиза в области патентного права получила развитие с начала 1990-х гг., когда государственная монополия на объекты патентного права сменилась на приобретение прав на интеллектуальную собственность физическими и юридическими лицами. Именно тогда появилась возможность защищать принадлежащие последним права в судебном порядке. Следует отметить, что у судей в те времена еще не было достаточного опыта рассмотрения спо-

FORENSIC EXAMINATION  
OF PATENT LAW OBJECTSV.E. KITAYSKIY  
RUSSIAN STATE ACADEMY  
OF INTELLECTUAL PROPERTY

The article deals with the implementation of judicial patent examination, covering such objects of patent law as inventions, utility models and industrial designs. In the past two decades, the practice of using expertise in litigations related to the detection of the facts of the unlawful use of patented objects of patent law has significantly expanded. However, in this field of science there are no recommended methods of expert research and each expert conducts such research and draws up expert opinions in accordance with his own experience. The author of this article, who has nearly twenty years of experience in such work, cites the main methodological provisions that he developed in practice.

**KEYWORDS:** *forensic examination, objects of patent law, inventions, utility models, industrial designs, research methodology, expert opinion, legislation.*

ров в сфере интеллектуальной собственности, особенно, если они касались нарушения прав на изобретения, полезные модели и промышленные образцы. Поэтому возникла острая востребованность в научно-технических специалистах, т.е. в лицах, обладающих специальными познаниями в патентоведении и технике. Данный вид судебной экспертизы практически не может осуществляться без привлечения таких судебных экспертов.

Новые технические и дизайнерские решения всегда привлекали внимание жуликов тем, что незаконно воспользовавшись чужой промышленной собственностью без особых затрат можно получать дополнительную прибыль в значительных размерах. Это обеспечивается:

- более эффективными технологиями и оборудованием, использующими охраняемые патентами изобретения и полезные модели;

- привлекающими внимание потребителей эстетическими особенностями внешнего вида всевозможных изделий промышленного и бытового назначения, их этикеток и упаковок, содержащих охраняемые патентами промышленные образцы.

Такое незаконное использование чужих интеллектуальных прав приносит урон правообладателям за счет потери доли рынка сбыта своей продукции, и зачастую портит репутацию самих правообладателей, поскольку качество контрафактной (незаконной) продукции не всегда соответствует качеству оригинальной продукции правообладателя.

В настоящее время арбитражные суды и суды общей юрисдикции буквально «завалены» делами, связанными с нарушением патентных прав. Стали возбуждаться уголовные дела в случаях, когда незаконное использование чужих интеллектуальных прав приводит к значительному материальному ущербу. В 2013 году начал работать специализированный суд в области интеллектуальной собственности – Суд по интеллектуальным правам (далее – СИП).

Несанкционированное (т.е. без согласия патентообладателя) использование другими лицами запатентованного изобретения, полезной модели или промышленного образца в период срока его действия считается нарушением исключительных прав патентообладателя.

При этом бремя доказывания факта нарушения исключительного права возлагается на самого патентообладателя. При наличии доказательств нарушения исключительного права патентообладатель вправе обратиться с иском к нарушителю, требуя прекратить противоправные действия. Патентообладатель также вправе требовать возмещения убытков от нарушителя исключительного права.

Защита исключительного права, удостоверенного патентом, может быть осуществлена лишь после государственной регистрации изобретения, полезной модели или промышленного образца и выдачи патента (пункт 1 статьи 1363 ГК РФ).

Согласно статьи 1252 ГК РФ, защита исключительных прав на результаты интеллектуальной деятельности (далее – РИД) осуществляется, в частности, путем предъявления в порядке, предусмотренном ГК РФ, требования:

1) о признании права – к лицу, которое отрицает или иным образом не признает право, нарушая тем самым интересы правообладателя;

2) о пресечении действий, нарушающих право или создающих угрозу его нарушения, – к лицу, совершающему такие действия или осуществляющему необходимые приготовления к ним, а также к иным лицам, которые могут пресечь такие действия;

3) о возмещении убытков – к лицу, неправомерно использовавшему РИД без заключения соглашения с правообладателем (безоговорочное использование) либо иным образом нарушившему его исключительное право и причинившему ему ущерб, в том числе нарушившему его право на вознаграждение, предусмотренное статьей 1245, пунктом 3 статьи 1263 и статьи 1326 ГК РФ;

4) об изъятии материального носителя в соответствии с пунктом 4 статьи 1252 ГК РФ – к его изготовителю, импортеру, хранителю, перевозчику, продавцу, иному распространителю, недобросовестному приобретателю;

5) о публикации решения суда о допущенном нарушении с указанием действительного правообладателя – к нарушителю исключительного права.

С целью выявления факта несанкционированного использования изобретения, полезной модели или промышленного образца проводится патентная (патентно-техническая, патентоведческая) экспертиза.

Такая экспертиза может быть досудебной (предварительной) или судебной, которая осуществляется по определению (постановлению) суда, управления федеральной антимонопольной службы региона или по постановлению регионального следственного управления следственного комитета РФ.

Причем досудебную патентную экспертизу проводят для того, чтобы патентообладатель или лицо, использующее запатентованное изобретение, полезную модель или промышленный образец, могли убедиться в действительном нарушении прав патентообладателя или лицензиата, имеющего право на законное использование изобретения, полезной модели или промышленного образца. Досудебная патентная экспертиза проводится в рамках договора на предоставление услуг между патентообладателем и экспертной организацией или индивидуальным экспертом, специалистом в данной области техники, имеющим знания в патентном праве.

Таким образом, патентная экспертиза проводится на досудебной стадии для формирования предупредительного письма, претензии к лицу, нарушающему исключительное право, и обоснования исковых требований в исковом заявлении. Наличие результатов патентной экспертизы в исковом заявлении позволяет суду уяснить наличие оснований для принятия иска, для истребования необходимых документов и материалов (в том числе образцов контрафактной продукции) и для назначения при необходимости судебной патентной экспертизы. Досудебная патентная экспертиза проводится по предоставленным заказчиком материалам, которые исследуются экспертом в соответствии с надлежащей нормативной базой для осуществления патентной экспертизы, и составляется экспертное заключение. Данное заключение представляется в суд в качестве подтверждения наличия правомерных оснований для подачи иска.

Эксперт правомерно относится к содействующим осуществлению правосудия лицам, обладающим специальными знаниями по касающимся рассматриваемого дела вопросам (статья 54 Арбитражного процессуального кодекса РФ от 24 июля 2002 г. № 95-ФЗ, далее – АПК РФ). Судебная экспертиза является самостоятельным доказательством в судебном процессе,

т.е. заключение эксперта по вопросам, поставленным судом, имеет силу доказательств. Судебная патентная экспертиза назначается по инициативе суда или, по меньшей мере, одной из сторон при наличии вопросов, относящихся к патентным правам, и требующих специальных знаний в области патентования, а также науки и техники, искусства, ремесла. Проведение экспертизы может назначить судья. Кроме того, на этапе дознания проведение экспертизы может назначить следователь, дознаватель, а также лица, выполняющие функции следователя: начальник или заместитель начальника следственного отдела, органа дознания. В определении о назначении экспертизы суд или следственный орган указывает наименование суда (следственного органа); дату назначения экспертизы; наименования сторон по рассматриваемому делу; наименование экспертизы; факты, для подтверждения или опровержения которых назначается экспертиза; вопросы, поставленные перед экспертом; фамилию, имя и отчество эксперта либо наименование экспертного учреждения, которому поручается проведение экспертизы; предоставленные эксперту материалы и документы для сравнительного исследования; особые условия обращения с ними при исследовании, если они необходимы; наименование лица (стороны), которая производит оплату экспертизы.

Судебная экспертиза представляет собой процессуальное действие, состоящее из проведения исследований и вынесения экспертом заключения по вопросам, разрешение которых требует специальных познаний в области науки, техники, искусства или ремесла, и которые поставлены перед экспертом судом в целях установления обстоятельств, подлежащих доказыванию по конкретному делу [1].

Экспертом может быть только компетентное лицо, обладающее специальными знаниями в определенной области науки и техники. Эксперт может взять самоотвод в случаях некомпетентности, личной заинтересованности, зависимости эксперта от заинтересованного лица. Самоотвод должен быть заявлен до начала процесса, или в процессе, когда выявились основания для самоотвода в ходе процесса. Отвод эксперта может быть заявлен стороной процесса. Причем согласно статье 70 Уголовно-процессуального кодекса РФ от 18.12.2001 г. № 174-ФЗ предыдущее участие в деле экспертом или специалистом не является основанием для отвода. Суд убеждается в компетентности и незаинтересованности предполагаемого эксперта, выносит определение о назначении эксперта, вручает это определение, предупреждает об ответственности за дачу заведомо ложного заключения, берет соответствующую расписку и приобщает ее к делу.

Как правило, для проведения судебной патентной экспертизы в качестве эксперта назначается патентный поверенный РФ, предпочтительно аттестованный в качестве судебного эксперта, т.е. имеющий соответствующий

сертификат. Эксперт обязан целенаправленно в соответствии с поставленными вопросами провести полное объективное всестороннее исследование для ответа на вопросы. Эксперт исследует конкретный предметный объект, предъявленный на исследование в материальном виде и/или в форме документов, для получения ответов на конкретные вопросы. Задачи патентной экспертизы чаще всего идентификационные – установление тождества объекта экспертизы с запатентованным объектом путем сопоставительного анализа признаков запатентованного объекта с признаками объекта, предоставленного на экспертизу. Методы отождествления при идентификации могут быть выбраны в зависимости от объекта: по конструктивным, внешним признакам, по внутренним свойствам и структуре, по функционально-динамическому комплексу.

Если установлены обстоятельства, имеющие значение, в отношении которых в определении суда вопросы не были поставлены, эксперт вправе их указать и отразить в выводах.

После оформления заключения возможен допрос эксперта в зале суда для уточнения, разъяснения или дополнения заключения. Судом может быть назначена дополнительная экспертиза при недостаточной полноте и ясности заключения, а также при постановке новых вопросов по уже исследованным объектам.

Основанием для повторной экспертизы могут быть сомнения в обоснованности или в правильности первичного заключения, противоречия в выводах эксперта, разногласия в комиссии экспертов. Новый эксперт должен разъяснить расхождения с первичной экспертизой (например, неправильные методика, справочные данные или исходные данные или некачественные сравнительные образцы).

Согласно статье 1 Федерального Закона от 31.05.2001 № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в РФ» (далее – Закон № 73-ФЗ) «Государственная судебно-экспертная деятельность осуществляется в процессе судопроизводства государственными судебно-экспертными учреждениями и государственными судебными экспертами».

Согласно статье 41 того же Закона «В соответствии с нормами процессуального законодательства Российской Федерации судебная экспертиза может производиться вне государственных судебно-экспертных учреждений лицами, обладающими специальными знаниями в области науки, техники, искусства или ремесла, но не являющимися государственными судебными экспертами».

На судебно-экспертную деятельность лиц, указанных в части первой настоящей статьи, распространяется действие статей 2, 4, 6–8, 16 и 17, части второй статьи 18, статей 24 и 25 настоящего Федерального закона».

Сущность досудебной и судебной патентной экспертизы сводится к одному – на основании исследо-

вания представить доказательства для вывода об использовании или неиспользовании запатентованного изобретения, полезной модели или промышленного образца в исследуемом объекте, которым является продукт, способ или изделие. Пути достижения этого вывода в обоих случаях одинаковые.

Согласно статье 3 Закона № 73-ФЗ правовой основой государственной судебно-экспертной деятельности являются Конституция Российской Федерации, Федеральный закон № 73-ФЗ, Гражданский процессуальный кодекс РСФСР, Арбитражный процессуальный кодекс Российской Федерации, Уголовно-процессуальный кодекс РСФСР, Кодекс РСФСР об административных правонарушениях, Таможенный кодекс Российской Федерации, Налоговый кодекс Российской Федерации, законодательство Российской Федерации о здравоохранении, другие федеральные законы, а также нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти, регулирующие организацию и производство судебной экспертизы.

Необходимо отметить, что в этой норме присутствует и Гражданский кодекс РФ, а также другие федеральные законы. Именно эти нормативные акты в основном регулируют отношения между субъектами патентного права.

В статье 5 того же Закона № 73-ФЗ указано, что нарушение закона при осуществлении судебно-экспертной деятельности недопустимо и влечет за собой ответственность, установленную законодательством Российской Федерации.

Практика последних десятилетий показывает, что действующее патентное законодательство претерпевает время от времени как незначительные изменения, так и изменения, которые можно отнести к существенным. Для эксперта, осуществляющего патентно-техническую экспертную деятельность, ошибка в выборе законодательной базы для исследования может привести к ошибочному результату исследования. Поскольку результатом экспертного исследования является, как правило, категорический вывод [2], а именно, таким выводом является один из двух возможных противоположных ответов (положительный или отрицательный) на вопрос, поставленный судом. Ошибка может иметь весьма значительные последствия. В рамках уголовного дела эта ошибка может привести к осуждению невиновного лица, или виновное лицо может быть освобождено от заслуженного наказания.

При составлении заключения патентной экспертизы надо обращать внимание также на использование подзаконных актов, таких как Административные регламенты, Правила составления заявок на объекты патентного права, Требования к заявкам, утвержденные приказами Минэкономразвития России. Эти документы определяют требования к объектам (изобретениям, полезным моделям и промышленным об-

разцам), а также определяют требования к заявкам на выдачу патента на них. Эти документы обновляются также часто, как и сами законы. Но если законы надо использовать в экспертном исследовании в соответствии с датой возникновения правоотношений, то подзаконные акты должны интересовать эксперта с учетом даты подачи заявки, поскольку каждая заявка составляется в соответствии с требованиями, действовавшими до даты ее подачи.

Для защиты исключительного права на запатентованное изобретение или полезную модель необходимо определить, использованы ли в каком-либо средстве - продукте или способе это изобретение или в продукте - устройстве эта полезная модель.

Согласно пункту 2 статьи 1354 ГК РФ «Охрана интеллектуальных прав на изобретение или полезную модель предоставляется на основании патента в объеме, определяемом содержащейся в патенте формулой изобретения или соответственно полезной модели. Для толкования формулы изобретения и формулы полезной модели могут использоваться описание и чертежи».

Согласно части первой пункта 3 статьи 1358 ГК РФ «Изобретение признается использованным в продукте или способе, если продукт содержит, а в способе использован каждый признак изобретения, приведенный в независимом пункте содержащейся в патенте формулы изобретения, либо признак, эквивалентный ему и ставший известным в качестве такового в данной области техники до даты приоритета изобретения». Согласно части второй пункта 3 статьи 1358 ГК РФ «Полезная модель признается использованной в продукте, если продукт содержит каждый признак полезной модели, приведенный в независимом пункте содержащейся в патенте формулы полезной модели». Поэтому задачей судебной патентной экспертизы при защите исключительного права патентообладателя является проведение экспертного исследования независимого пункта формулы запатентованного изобретения или запатентованной полезной модели и материального объекта исследования (продукта, способа) на предмет выявления использования или не использования в этом объекте исследования изобретения или полезной модели в соответствии с цитированной выше нормой ГК РФ. Эта задача определяется соответствующими вопросами, поставленными судом на разрешение эксперта.

Методика такого экспертного исследования должна включать изучение формулы запатентованного изобретения (полезной модели), выделение из независимого пункта формулы каждого признака изобретения (полезной модели) и сопоставительный анализ каждого выявленного признака с соответствующими признаками, характеризующими объект исследования.

Если при таком исследовании будет выявлено содержание в объекте исследования каждого признака

независимого пункта формулы запатентованного изобретения (полезной модели), то можно сделать вывод в соответствии с пунктом 3 статьи 1358 ГК РФ об использовании в этом объекте запатентованного изобретения (полезной модели). В противном случае для полезной модели можно сделать вывод о ее неиспользовании в объекте исследования, а для изобретения придется провести дополнительное исследование на возможность использования в объекте исследования вместо не содержащегося признака другого, эквивалентного ему признака. Если в объекте исследования не содержатся несколько признаков независимого пункта формулы изобретения, то этот анализ надо провести для каждого такого признака.

Вопросы использования эквивалентных признаков в объектах исследования взамен признаков независимого пункта формулы изобретения давно являются предметом тщательного изучения как отечественных специалистов, так и зарубежных, поскольку многочисленные любители воспользоваться плодами чужого интеллектуального труда идут на подмену некоторых признаков запатентованного технического решения, пытаясь уйти от ответственности. Как правило, для этого незаконные пользователи чужих исключительных прав выбирают такие заменяющие признаки, использование которых в совокупности с другими запатентованными признаками изобретения может привести к решению той же технической проблемы с достижением того же технического результата альтернативным путем.

В настоящее время, как и в течение длительного периода времени до этого, который насчитывает почти три десятилетия, в патентных законодательных нормах, как и в подзаконных нормативных документах, отсутствует определение эквивалентных признаков изобретения. Такие определения были в нормативных документах советского периода, когда подход к определению новизны и существенных отличий изобретения (такие были критерии патентоспособности изобретений) был другим, отличным от действующего в настоящее время. Анализ этих документов позволяет сделать вывод о том, что эквивалентными признаками являются признаки, совпадающие по выполняемой функции и по достигаемому результату. При определении эквивалентности признаков принимается во внимание их взаимозаменяемость, т.е. признаки, выполняющие одинаковую функцию, могут отличаться по форме выполнения (по конструкции, по технологии или по материалу). Однако определить эквивалентную замену в объекте исследования неиспользуемого признака независимого пункта формулы изобретения недостаточно для признания такой замены законной. В соответствии с требованиями пункта 3 статьи 1358 ГК РФ надо еще показать, что такой эквивалентный признак был известен в данной области техники до даты приоритета запатентованного изобретения.

Для защиты исключительного права на запатентованный промышленный образец необходимо определить, использован ли в каком-либо изделии этот промышленный образец.

На основании пункта 3 статьи 1354 ГК РФ «Охрана интеллектуальных прав на промышленный образец предоставляется на основании патента в объеме, определяемом совокупностью существенных признаков промышленного образца, нашедших отражение на изображениях внешнего вида изделия, содержащихся в патенте на промышленный образец».

Таким образом, для определения использования признаков промышленного образца правовое значение имеет совокупность существенных признаков, которые нашли отражение на изображениях внешнего вида запатентованного изделия. Пункт 1 статьи 1352 ГК РФ к существенным (доминантным) признакам промышленного образца относит признаки, определяющие эстетические особенности внешнего вида изделия, в частности такие признаки, как: форма, конфигурация, орнамент, сочетание цветов, линий, контуры изделия, текстура или фактура материала изделия. Признаки, обусловленные исключительно технической функцией изделия, не являются охраняемыми признаками промышленного образца (пункт 1 статьи 1352 ГК РФ).

Эстетические особенности изделия – это свойства, определяющие соответствие изделия художественным нормам, развивающие эстетический вкус потребителя и удовлетворяющие его эмоциональные потребности.

Согласно части третьей пункта 3 статьи 1358 ГК РФ «Промышленный образец признается использованным в изделии, если это изделие содержит все существенные признаки промышленного образца или совокупность признаков, производящую на информированного потребителя такое же общее впечатление, какое производит запатентованный промышленный образец, при условии, что изделия имеют сходное назначение».

Как видно из этой нормы, закон требует проверить не только содержание в исследуемом объекте (изделии) всех существенных признаков промышленного образца, но проверить еще содержание совокупности признаков, производящей на информированного потребителя такое же общее впечатление, какое производит запатентованный промышленный образец, при условии, что изделия имеют сходное назначение.

Под информированным потребителем понимается гипотетическое лицо, которое будет пользоваться изделием, в котором воплощен промышленный образец, проявляющее интерес к изделиям такого или однородного назначения и, как следствие, имеющее знания о том какие признаки внешнего вида имеются обычно у таких изделий (пункт 75 (1) Правил составления, подачи и рассмотрения документов, являющихся основанием для совершения юридически значимых действий

по государственной регистрации промышленных образцов (утверждены приказом Минэкономразвития России от 30.09.2015 г. № 695) – далее Правила ПО).

При сравнении общих впечатлений, производимых промышленным образцом и противопоставленным изделием, принимается во внимание информация об известных решениях, определяющих внешний вид изделий того же или сходного назначения, (об аналоговом ряде), и учитываются ограничения возможностей авторов по разработке решения внешнего вида изделия такого назначения, связанные, в частности, с назначением изделия, с технической функцией изделия или его элемента, и стандартизированными требованиями к изделию, если таковые имеются (так называемая степень свободы дизайнера) (п. 75 (1) Правил ПО).

В соответствии с пунктом 287 Руководства по осуществлению административных процедур и действий в рамках предоставления государственной услуги по государственной регистрации промышленного образца и выдаче патента на промышленный образец, его дубликата (утверждено приказом Роспатента от 24.07.2018 г. № 127) общие впечатления, производимые промышленным образцом и исследуемым изделием, могут быть признаны не совпадающими в том случае, если:

- проверяемому промышленному образцу присущ один или более существенных признаков, не присущих исследуемому изделию;
- исследуемому изделию присущ один или более существенных признаков, не присущих промышленному образцу.

В судебной экспертизе объектов патентного права имеются проблемные вопросы, требующие разрешения на нормативном уровне. Так, отсутствие современного определения эквивалентности признаков затрудняет осуществление судебной экспертизы использования изобретений. Отсутствуют методические указания по проведению экспертного исследования изобретений, полезных моделей и промышленных образцов. Затрудняют судебную экспертную деятельность частые внесения изменений в ГК РФ и, соответственно, в подзаконные нормативные документы. Отсутствует современный закон о судебной деятельности в Российской Федерации, охватывающий как государственную, так и негосударственную судебную деятельность. Отсутствует единый процессуальный кодекс, охватывающий гражданский, арбитражный и уголовный процессы. Действующие ныне процессуальные кодексы дают разноречивые требования по многим нормам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Зинин А.М., Майлис Н.П.** Судебная экспертиза: учебник. М.: Право и закон, Юрайт-Издат, 2002. С. 19.
2. **Россинская Е.Р., Галяшина Е.И.** Настольная книга судьи: судебная экспертиза. М.: Проспект, 2010. С. 139.

---

**Владимир Евгеньевич Китайский,**  
к.т.н, профессор, доцент, с.н.с. Российская государственная академия интеллектуальной собственности,

☎ 117279, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 55а.  
117279, Moscow city, Miklukho-Maklay str., 55A.  
тел.: +7 (903) 264-75-11, e-mail: kve41@mail.ru

УДК 332.132

## ПЯТИЛЕТНЕЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНА (ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ)

С. Г. ЛЕВЧЕНКО

Правительство Иркутской области

В статье рассмотрены методические проблемы и практические шаги по реализации в Иркутской области управленческого подхода, основанного на усилении плановых начал в управлении региональным социально-экономическим развитием. Изложена идеология, представлена структура и содержание нового документа регионального планирования – Государственного плана социально-экономического развития Иркутской области на период до 2023 года. Рассмотрены организационные вопросы его реализации.

**Ключевые слова:** социально-экономическое развитие, регион, прогнозирование, планирование, система плановых документов, пятилетний план, инвестиции, целевые индикаторы.

В современной России все больше проявляет себя понимание научным сообществом, специалистами сферы управления, общественностью и политическими партиями необходимости выработки методологических подходов и организационных механизмов, позволяющих использовать методы научного прогнозирования и планирования в практике управления социально-экономическим развитием субъектов РФ в условиях рыночной экономики.

План и рынок не антагонисты, они вполне совместимы в современной экономической жизни. Лауреат Нобелевской премии В. Леонтьев писал по этому поводу: «Планирование – есть организованное применение теоретических рассуждений в решении конкретных практических задач. Альтернативой планированию является метод проб и ошибок, задолго до того, как Чарльз Дарвин описал его как естественный отбор, Адам Смит доказал, что это есть основная

## FIVE-YEAR PLANNING IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REGION (BEST PRACTICES OF THE IRKUTSK REGION)

S. G. LEVCHENKO

THE GOVERNMENT OF THE IRKUTSK REGION

The article deals with the methodological problems and practical steps for the implementation in the Irkutsk region of the management approach based on the strengthening of planned principles in the management of regional socio-economic development. The ideology is stated, the structure and content of the new document of regional planning - the State plan of social and economic development of the Irkutsk region for the period up to 2023 is presented. The organizational issues of its implementation are considered.

**KEYWORDS:** socio-economic development, region, forecasting, planning, system of planning documents, five-year plan, investments, target indicators.

движущая сила экономического прогресса. Не являясь несовместимыми или взаимно исключаящими, и автоматический механизм свободной конкуренции, и принцип продуманных действий на основе целесообразных решений вместе играют разные, но одинаково важные роли в работе нашей экономической системы» [4].

В настоящее время имеется уникальная возможность быстро, без «шоковой терапии», без социальных катаклизмов и политического насилия радикально повысить уровень плановости экономики России, провести ее переориентацию на социальный результат. Очевидными предпосылками для этого служат:

– явная необходимость расширения масштабов согласования хозяйственных решений, координации управленческих действий и долгосрочного целеполагания в рамках национальной экономики и экономических комплексов субъектов РФ;

– новые возможности для проведения плановых расчетов, обработки информации, координации и контроля выполнения плановых решений, предоставляемые передовыми информационными технологиями и применением вычислительной техники;

– наличие у России недавнего (во многих аспектах положительного) исторического опыта стратегического, среднесрочного и оперативного планирования развития экономики страны и ее регионов;

– возможность изучения и использования опыта дружественных зарубежных стран, весьма успешно применяющих в настоящее время инструменты планирования в своей хозяйственной практике;

– наличие серьезного научного задела по вопросам организации планирования экономики страны в условиях господства рыночных отношений, созданного в последнее время российскими учеными;

– наличие политической воли и общественной поддержки процессов радикального усиления плановых основ национальной экономики в лице оппозиционных политических партий и общественных организаций, в том числе представляющих бизнес-общество;

– наконец, наличие регионов - субъектов РФ, готовых выступать в качестве пионерных территорий, полигонов расширения и углубления масштабов применения плановых механизмов управления экономикой, отработки и внедрения в хозяйственную практику новых методов и инструментов планирования.

Уже в 1995 году катастрофическая экономическая ситуация в стране побудила российское руководство вновь обратиться к использованию прогнозов и планов в управлении экономикой для согласования совместных действий участников рынка, консолидации общества. Был принят Федеральный закон «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации». В нем содержались общие основы организации системы разработки прогнозов и программ не только для страны в целом, но и для каждого субъекта РФ, отраслей экономики и народнохозяйственных комплексов. Однако практическое применение закона проходило сложно и существенно отставало от других институциональных преобразований в стране.

В России создан серьезный научный задел по вопросу использования методов планирования в системе регионального управления. Он представлен трудами А.И. Анчишкина, О.Т. Богомолова, П.И. Бурака, А.Г. Гранберга, С.Ю. Глазьева, В.Н. Лексина, Д.С. Львова, П.А. Минакира, Н.Н. Михеевой, М.Б. Мазановой, Ю.В. Савельева, В.И. Суслова, А.Н. Швецова, Л.С. Шеховцевой, Б.М. Штульберга и др.

Вместе с тем, применение методов государственно-го планирования не находит должного использования на региональном уровне и имеет своих противников.

С. Г. ЛЕВЧЕНКО  
ПЯТИЛЕТНЕЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ  
УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ  
РАЗВИТИЕМ РЕГИОНА  
(ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ)

Система государственного прогнозирования и планирования социально-экономического развития, в условиях рыночного хозяйствования, учитывающая особенности «смешанной экономики», в России до конца еще не сформирована. Нет устоявшихся понятий, единообразного понимания состава прогнозных, плановых и программных документов, их иерархии. Это осложняет создание единой логичной системы государственного прогнозирования и планирования социально-экономического развития в России. Так понятия «прогноз» и «план», как инструменты управления народным хозяйством, взаимосвязаны в непрерывном процессе «прогнозирование – планирование». Однако, они отличаются: характером воздействия на экономические и социальные процессы; содержанием документа; временным горизонтом; вариантностью предлагаемых решений; конкретизацией предложений по экономическому и социальному развитию [1].

Российская экономическая наука и практика обладают уникальным опытом составления прогнозов социально-экономического развития на 2–3 пятилетки вперед и реализации этих документов на плановой основе. В условиях рынка следует внимательно относиться к отечественному опыту XX столетия. Это тем более важно, что исторический опыт индустриально развитых стран однозначно свидетельствует: в течение XX столетия постоянно возрастала регулирующая роль государства, стихийный рынок вытеснялся прогнозируемым развитием корпораций, а национальные экономики превращались в государственно-корпоративную систему.

Как отмечал известный российский специалист В. Коссов «деятельность плановых органов, их функции определены процессами развития и не зависят от характера государственного строя. От последнего зависит, что является предметом планирования: задания по производству и поставкам продукции, как это было в СССР, или взаимные обязательства договаривающихся сторон на годы вперед» [3].

Необходимость возрождения планирования социального и экономического развития России определяется силой плана, как инструмента для согласования действий и интересов. План - это совокупность взаимосвязанных мероприятий, предусматривающая порядок, последовательность и сроки работ, конкретные количественные результаты хозяйственной деятельности, исполнителей и ответственных за реализацию плана. Использование планов как директивных документов позволяет регулировать производство, распределение и обмен материальных благ и услуг не только в государственном секторе экономики. Посредством цен, прибыли, налогов, кредитов и других рыночных механизмов, при установлении взаимовыгодных партнерских отношений с бизнесом (прежде всего крупным), государство может воздействовать и на частный сектор национального хозяйства.



По мнению ученых, планирование в рыночных условиях должно быть направлено, прежде всего, на регулирование отношений между агентами рынка, как прямо через законы и технические регламенты, так и косвенно – через налоговую и кредитную системы. Следует подчеркнуть, что значительную роль, связанную с созданием технических регламентов и контролем их соблюдения, должны играть ассоциации и союзы производителей и потребителей товаров и услуг.

План выполняет координирующую и организующую роль при следующих условиях:

- при соблюдении принципа его выполнимости;
- когда этот документ приобретает юридическую силу;
- при неукоснительном выполнении плановых показателей;
- при возможности корректировки плановых заданий, которые могут быть вызваны изменяющимися обстоятельствами;
- установление как внутреннего, так и внешнего контроля за выполнением плана и ответственных лиц за исполнение плановых заданий.

Смена формы общественно-производственных отношений в России в 90-х годах XX века одним из своих результатов имела разрушение сложившейся в советские годы плановой системы управления хозяйством страны. В обществе и политических кругах создавалось и поддерживалось убеждение, что в рыночной экономике нет места планам и прогнозам развития. Между тем, ведущими экономистами, экспертами, управленцами признается, что объединение преимуществ рыночного хозяйства с разработкой планов и прогнозов, особенно региональных, придаст национальной экономике важный дополнительный импульс эффективности и развития [2]. Из отечественного опыта составления пятилетних планов и долгосрочных прогнозов в современной практике необходимо учесть следующие принципы территориальной организации:

- единства экономического и административного районирования;
- сочетания централизованного управления с хозяйственной инициативой (интересами) хозяйствующих субъектов, бизнеса, населения;
- использования балансового, а также вариантно-методов при составлении планов и прогнозов экономического и социального развития;
- обоснованности прогнозов и планов, включая определение эффективности намечаемых мероприятий;
- использования общих методических указаний, на основе которых должны формироваться прогнозные и плановые документы любого экономического района (субъекта РФ).

Принятие в 2014 году Федерального закона № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в

Российской Федерации» создало исходную базу для развертывания в стране, уже в новых рыночных условиях, системы государственного планирования и соответствующей системы плановых документов. Закон установил логическую триаду документов стратегического планирования в составе «концепция – стратегия – государственная программа», а также уровни их разработки – национальный, макрорегиональный, региональный, муниципальный. Однако, реализация закона натолкнулась на серьезные проблемы методического и организационного характера и в марте 2016 года Госдума РФ приняла законопроект о переносе срока разработки многих документов стратегического планирования с 2017 на 2019 год. Принятие закона о планировании заметно активизировало дискуссии о направлениях и механизмах долгосрочного планирования, в том числе и регионального развития, наборе документов долгосрочного целеполагания.

Например, министр экономического развития России М. Орешкин полагает необязательным подготовку полноформатных стратегий долгосрочного развития, считая возможным обходиться, даже на национальном уровне, текущими оперативными документами. В то же время, в Стратегии пространственного развития РФ, утвержденной Правительством РФ в феврале 2019 года, предусмотрена разработка стратегий развития для 14 макрорегионов страны. Бизнес – омбудсмен Б. Титов видит алгоритм стратегического долгосрочного планирования в нашей стране в следующем виде: «сначала стратегия, в ее развитие – проекты, затем дорожные карты их реализации» [5].

В целом, для формирования в регионах РФ системы прогнозирования и планирования социально-экономического развития в настоящее время имеются необходимые предпосылки. Принят рамочный базовый закон 172-ФЗ о стратегическом планировании, активизировались разработки по стратегическому управлению и планированию в субъектах РФ и крупных городах, по данному вопросу идут активные научные дискуссии. Все это должно сочетаться с совершенствованием федеративных отношений, повышением роли институтов гражданского общества в принятии решений, усилением контроля с их стороны за стратегическими разработками. В России имеются опыт и резервы в развитии научных и методологических основ регионального планирования, следовательно, нужны практические инициативы и примеры конкретной работы по формированию региональных плановых систем, плановых органов и документов.

В этих условиях Иркутская область выступила пионером в деле практического усиления плановых начал в управлении региональным развитием. Правительство Иркутской области ставит своей целью максимально использовать внутренний потенциал Приангарья, усилив роль государства в экономическом регулировании и вводя принципы государственного

стратегического планирования. Идеология развития региона следующая: государство вкладывается в экономику, стимулирует ее рост, и тем самым получает возможности для увеличения бюджета и обеспечения социального развития. Главное в этом процессе – системность и скоординированность работы ведомств, исключение рисков принятия хаотичных решений или непродуманного растрачивания денег. Эту системность как раз и должно обеспечить пятилетнее государственное планирование. Динамика роста экономики Иркутской области, которая наблюдается в 2016–2019 годах, показывает, что это верный путь.

В Иркутской области к настоящему времени уже создана достаточно широкая база, можно сказать система, документов стратегического планирования экономики. В нее входят региональная Стратегия социально-экономического развития до 2030 года, Инвестиционная стратегия до 2025 года, государственные программы, антикризисный план, ежегодные послания губернатора. Однако, центральным элементом системы планирования развития региона является пятилетний план социально-экономического развития.

В условиях господства рыночной среды, содержание, состав, методы разработки и реализации такого плана, безусловно, будут отличаться от традиционных «советских» практик. Принципиальных отличий несколько. В современных условиях планирование должно осуществляться: на основе учета экономических интересов частных производителей; при внешней открытости российской экономики, ее высокой вовлеченности в мировой товарообмен и зависимости от конъюнктуры внешних рынков; с использованием совершенно новых возможностей, предоставляемых информационными технологиями и вычислительной техникой. Процесс современного планирования в федеральном центре и регионах должен базироваться на самых современных достижениях в области информационных технологий, методах хранения и переработки больших объемов информации, эффективной визуализации информационно-аналитических материалов, на достижениях экономико-математического моделирования и прогнозирования экономических и социальных процессов.

Данный управленческий подход лег в основу формирования Государственного плана социально-экономического развития Иркутской области на период 2019–2023 годов, работа над которым была начата в 2018 году. С 01 января 2019 года план вступил в силу. В настоящее время идет работа по совершенствованию некоторых его положений и разработке «дорожных карт». Таким образом, Госплан одновременно представляет собой и правовую базу, и управленческий механизм, и идеологию развития Иркутской области на текущие пять лет.

В рамках Госплана выделены три вектора роста

– три стратегические, связанные между собой цели: рост экономики; увеличение возможностей регионального бюджета; повышение уровня жизни населения области. Рост экономики обеспечивают, прежде всего, «точки роста», то есть ключевые инвестиционные проекты, которые поддерживает региональная администрация. Они включены в «производственный» блок Госплана. Основная цель в этом направлении – создание и развитие обрабатывающих производств, с акцентом на продукцию глубокой переработки и максимально высокую добавленную стоимость. Кроме того, пятилетний план ориентирует иркутских производителей на цели импортозамещения, включая замещение ввоза продукции из других регионов России. Госпланом предусмотрено повышение доли малого и среднего бизнеса в ВРП региона.

Планомерный и устойчивый рост экономики Иркутской области должен привести к росту ее бюджета. Инвестиции в экономику – это не самоцель, экономическая политика должна привести к формированию в Иркутской области мощного «бюджета развития».

Благодаря экономическому росту, активному взаимодействию с крупнейшими налогоплательщиками, ответственному управлению государственными финансами и продуманной инвестиционной политике бюджет региона в 2019 году достиг 145 млрд рублей. Для сравнения, еще в 2015 году, доходы областного бюджета составляли около 104 млрд. рублей. Такой рост финансовых возможностей региона позволяет увеличивать в структуре бюджета долю расходов на инвестиции в будущее – в рамках промышленной, аграрной, инфраструктурной, демографической политики, политики по развитию человеческого капитала.

Наконец, общий рост бюджета и формирование «бюджета развития» даст региону значительно более широкие возможности для достижения третьей цели пятилетнего планирования – роста уровня жизни населения Иркутской области. Он станет возможным благодаря целому ряду мер по увеличению зарплат и социальной поддержки, предусмотренных Госпланом.

Обозначим основные количественные параметры, заложенные в пятилетнем плане социально-экономического развития региона на 2019–2023 годы. Планируется, что рост ВРП в период до 2022 года будет происходить поступательными темпами в пределах 3–4% в год. В два последних года «пятилетки» прогнозируются более высокие темпы роста ВРП за счет реализации крупномасштабных инвестиционных проектов. Целевой показатель прироста объема ВРП на 2019 год составляет 3,1%. Правительство области поставило перед собой цель добиться постоянного прироста индекса промышленного производства – на 2019 год этот показатель запланирован на уровне 103,6%, а для обрабатывающих производств – 103,9%.

Другой важный показатель развития экономики, заложенный в пятилетний план – объем инвестиций в

основной капитал. Госпланом предусмотрены преференциальные условия и меры поддержки для крупных инвестиционных проектов, которые снижают сроки их окупаемости. Благодаря этому создаются условия, при которых инвесторам будет выгодно и комфортно работать. На период с 2019 по 2023 годы заданы целевые показатели роста инвестиционной активности на уровне 10–12% в год. В частности, на 2019 год запланирован прирост инвестиций в 10,5%. Таким образом, к 2023 году в Иркутской области будет обеспечен рост объема инвестиций в основной капитал в 2 раза.

Для достижения этих целевых показателей предусмотрены меры по взаимодействию с крупными предприятиями региона и диверсификации структуры экономики Иркутской области. В среднесрочной перспективе развитие промышленности будет связано с созданием новых для Иркутской области видов деятельности с высокой добавленной стоимостью, например, реализация «Иркутской нефтяной компанией» масштабной газовой программы, строительство Группой «Илим» целлюлозно-картонного комбината, развитие фармацевтического кластера в городе Усолье-Сибирское.

Экономическим результатом от реализации крупнейших инвестиционных проектов в регионе может стать привлечение порядка 600 млрд рублей внебюджетных инвестиций, создание более 5 тысяч рабочих мест, а также строительство новых объектов инфраструктуры – дорог межрегионального и местного значения, модернизация аэропортового комплекса региона и необходимой для повышения качества жизни населения социальной инфраструктуры.

Важнейшей отраслью промышленности региона является лесная промышленность. Стратегическая цель развития лесного комплекса, заданная Госпланом – это повышение его вклада в социально-экономическое развитие региона путем создания новых и модернизации действующих лесоперерабатывающих производств, направленных на повышение глубины переработки древесины, комплексное использование заготавливаемой на территории Иркутской области древесины, а также путем повышения эффективности ведения лесного хозяйства.

Госплан предусматривает конкретные целевые показатели развития лесного комплекса на ближайшие годы. Согласно Госплану, в ближайшие пять лет незаконные рубки леса должны будут ежегодно уменьшаться на 36–40% и сократиться к 2023 году до минимума. На 2019 год этот показатель будет составлять 451 тыс. кубометров. За счет технического перевооружения, модернизации и реконструкции существующих производств с ориентацией на глубокую комплексную переработку древесины будет повышаться добавленная стоимость выпускаемой продукции: в 2019 году добавленная стоимость на 1 кубометр заготовленной древесины должна будет составлять 1,7 тысяч рублей, а к 2023 году – дойти до отметки в 2,5 тысячи рублей.

С учетом целей национального проекта «Международная кооперация и экспорт», отдельной задачей экономического развития Иркутской области на ближайшую перспективу является постепенное увеличение в структуре экспорта доли несырьевого экспорта на 3,5–5% в год и рост количества региональных компаний-экспортеров. Деятельность по этому направлению также заложена в пятилетний план. В целом, промышленной политике региона, проектам реиндустриализации посвящен специальный раздел Госплана, называющийся «Иркутская Индустриализация».

В отношении агропромышленного комплекса Иркутской области планируется к 2023 году увеличить урожай зерновых до 1,07 млн тонн. На 2019 год поставлена задача произвести 904 тыс. тонн зерновых, а уже в 2020 планируется выйти на показатель 1 млн тонн зерна. Госплан также задает, в качестве целевых показателей, рост уровня самообеспеченности Иркутской области основными видами продовольствия: картофелем (до 95,6% в 2019 году, и до 95,9% к 2023 г.) и овощами (до 59,8% в 2019 году, и до 71,4% к 2023 году). Также будет продолжен планомерный ввод в хозяйственный оборот неиспользуемых земель. Ежегодно будет вводиться не менее 20 тысяч гектаров, что позволит к 2023 году ввести в оборот более половины всех залежных земель области, то есть 167 тысяч гектаров.

Государственный план социально-экономического развития Иркутской области на период 2019–2023 гг. имеет четкую социальную направленность. Предусматривается развитие сферы ЖКХ, здравоохранения, образования, культуры, спорта, соцзащиты.

В части строительства жилья для населения региона, Госпланом предусмотрены следующие целевые показатели: к 2024 году должен быть обеспечен ежегодный объем ввода в эксплуатацию нового жилья на территории Иркутской области в размере 1,4 млн. квадратных метров, а количество семей, которые улучшат свои жилищные условия, должно достигнуть отметки более 15 тысяч семей. В 2019 году планируется ввести в эксплуатацию жилье площадью в 1 млн. квадратных метров и обеспечить улучшение жилищных условий 4 тысячам семей региона.

Как уже отмечалось выше, стратегическая цель пятилетнего планирования – улучшение уровня и качества жизни населения Иркутской области. Госпланом предусмотрены конкретные меры, направленные на рост зарплат и снижение бедности в Приангарье, такие, как дифференциация заработной платы работников государственных и муниципальных учреждений, оказание малоимущим гражданам социальной помощи на основании социального контракта, ежегодные выплаты учителям и врачам к профессиональным праздникам, и так далее.

Дифференциация заработной платы работников государственных и муниципальных учреждений пред-

усмотрена Указом губернатора от 8 ноября 2018 года. Зарплаты будут дифференцированы с учетом уровня квалификации работника, сложности и качества выполняемых работ, а также эффективности деятельности по заданным показателям и критериям. Согласно другому указу, учителя, врачи и работники детских садов Иркутской области будут получать единовременную выплату в размере 10 тысяч рублей к профессиональным праздникам.

На 2019 год запланирован прирост средней заработной платы в размере 5,4% и прирост реальных располагаемых денежных доходов населения в размере 1,3%. В последующие годы предстоящей пятилетки поставлена цель по ежегодному приросту реальных располагаемых денежных доходов населения.

Пятилетний план предусматривает реализацию с 2019 года целого комплекса социальных инициатив. Это, например, меры поддержки старшего поколения. Так, для жителей Иркутской области, которым присвоен статус детей Войны, будет установлена компенсация в размере 50% по оплате за жилое помещение и коммунальные услуги. Сейчас почти 13 тысяч граждан – детей Войны, не имеют право на такую компенсацию. С 2019 года присваивается звание «Ветеран труда Иркутской области», предусматривающее льготы, аналогичные льготам ветеранов труда федерального значения, включая ежемесячную денежную выплату. Ветераны труда Иркутской области будут обеспечиваться путевками на санаторно-курортное лечение и получат возможность льготного проезда в общественном транспорте – на эти цели уже предусмотрено выделение денежных средств.

В план заложены меры, направленные на социальную поддержку инвалидов. Так, инвалидам I группы предусмотрены компенсации по плате за содержание жилого помещения в размере 50%. Для семей, воспитывающих детей-инвалидов со злокачественными образованиями, болезнями крови, ДЦП и другими параличическими синдромами, предусматривается ежемесячная денежная выплата. Также таким детям и их сопровождающим будет обеспечен бесплатный авиаперелет к месту лечения, диагностики и консультации в медицинских организациях.

Разработаны и внедрены меры, поддерживающие семьи, оказавшиеся в непростой жизненной ситуации. Так, дети в возрасте до четырех лет из малоимущих семей при амбулаторном лечении бесплатно обеспечиваются лекарственными препаратами. На 25% увеличен размер вознаграждения приемным родителям за каждого принятого на воспитание в семью ВИЧ-инфицированного ребенка.

В части политики, направленной на снижение бедности, одним из приоритетных направлений является реализация механизма социального контракта. В рамках данного вида помощи нуждающемуся гражданину не просто выдаются деньги, которые он может тратить;

С. Г. ЛЕВЧЕНКО  
ПЯТИЛЕТНЕЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ  
УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ  
РАЗВИТИЕМ РЕГИОНА  
(ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ)

он получает целевые средства на создание собственного хозяйства и возвращение к полноценной социальной жизни. В феврале 2019 года в своем послании Президент предложил ввести эту меру во всей стране. В Иркутской области она уже эффективно действует, и в 2018 году заключено 918 социальных контрактов. Можно говорить, что иркутский опыт в этом вопросе был использован на федеральном уровне. Пятилетним планом социально-экономического развития региона поставлена цель заключить в 2019 году не менее 900 социальных контрактов, а в перспективе выйти на 1000–1500 социальных контрактов ежегодно.

В заключение отметим, что Государственный план социально-экономического развития на 2019–2023 гг. – важнейшая часть системы целеполагания и стратегического планирования Иркутской области. На его основе предусматривается эффективно спланировать и скоординировать работу органов государственной власти, местного самоуправления и бизнес-сообщества, рационально и с максимальной отдачей использовать все ресурсы Иркутской области с тем, чтобы обеспечить устойчивый рост экономики и благосостояния населения. Есть все основания полагать, что созданная в регионе крепкая финансово-экономическая система, ориентированная на вектор «рост экономики – рост бюджета – рост уровня жизни», позволит реализовать все целевые установки и мероприятия плана в установленные сроки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурак П.И., Ростанец В.Г., Топилин А.В. Инфраструктура межрегионального экономического сотрудничества и императивы инновационного развития. М.: Экономика, 2009.
2. Государство развития. Эффективная экономическая модель развития страны и регионов. Опыт реализации в Иркутской области. М.: Экономика, 2018. 267 с.
3. Коссов В. О планировании социального и экономического развития России – платформа для консолидации общества. Выводы из опыта Госплана СССР // ЭНСР № 3 (62), 2013
4. Леонтьев В. Избранные статьи. СПб.: Невское время. 1994.
5. Независимая газета от 24.04.17.

Левченко Сергей Георгиевич,  
губернатор Иркутской области

☎ 664027, г. Иркутск, ул. Ленина, 1а.  
664027, Irkutsk, Lenina St., 1A.  
тел.: 8-800-100-00-38, e-mail: mail@govirk.ru

УДК 332.132

## ПРОБЛЕМА ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ: ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ\*

П.И. Бурак, О.Н. Хомяченко

Институт региональных  
экономических исследований

В статье анализируются проблемы создания отрасли утилизации твердых коммунальных отходов в специфических условиях городской агломерации, как объекта реализации национальной реформы сферы утилизации отходов. Выявлены направления сотрудничества муниципалитетов в сфере утилизации отходов и предложен подход к формированию единой структуры управления решением общих экологических проблем Московской городской агломерации.

**Ключевые слова:** городские агломерации, управление, отходы производства и потребления, полигоны, сбор и переработка, экология.

В современном индустриальном урбанизированном обществе, в том числе и в России, проблема переработки отходов производства и потребления стоит чрезвычайно остро из-за критического загрязнения окружающей среды и огромных потерь ресурсов, которые могут быть возвращены в хозяйственный оборот. В целях решения этих проблем в РФ проводится масштабная реформа создания отрасли утилизации отходов.

Стартом реформы можно считать 2015 год, когда в Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [9] были внесены изменения, в том числе определены ряд базовых понятий.

Термин «отходы» определен как вещества или предметы, образованные как в процессе производства

## THE PROBLEM OF WASTE MATERIALS MANAGEMENT IN URBAN AREAS: ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC ASPECTS, AND THE PROMISING SOLUTIONS

P.I. BURAK, O.N. KHOMIACHENKO

INSTITUTE OF REGIONAL ECONOMIC STUDY

The article analyzes the problems of creating the industry of solid municipal waste disposal in the specific conditions of urban agglomeration, as the object of the national reform of waste management. The directions of cooperation of municipalities in the field of waste management are revealed and an approach to the formation of a unified management structure for solving common environmental problems of the Moscow city agglomeration is proposed.

**KEYWORDS:** urban agglomerations, management, production and consumption waste, landfills, collection and processing, ecology.

и потребления, так и процессе выполнения работ или оказания услуг.

Термин «твердые коммунальные отходы» (ТКО) – это товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд, а также отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами. [10]

По итогам Года экологии, прошедшего в 2017 году, Президентом РФ было сформулировано поручение по созданию отрасли замкнутого цикла по обращению с твердыми коммунальными отходами. Успешность решения этой жизненно важной задачи зависит от принятых стратегических решений на федеральном уровне; состояния нормативно-правовой базы; выбранной стратегии переработки в рамках конкретной

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 18-010 – 00270.

территории; состояния рынка вторичного сырья в регионе; привлеченных инвестиционных ресурсов для создания инфраструктуры утилизации отходов.

Возвращение отходов производства и потребления в оборот направлено на повышение экологической безопасности, обеспечение рекультивации земель, занятых полигонами бытовых отходов. Кроме того, отходы производства и потребления – важнейший ресурс роста экономики, максимальное повторное использование которых соответствует принципам экономики замкнутого цикла, «зеленой экономики».

По данным Минприроды, в России только население ежегодно «производит» около 70 млн тонн ТКО. Из них на переработку идет только 5 млн т мусора, план на 2024 год – 42 млн т. Утилизация отходов за шесть лет должна вырасти с 2,1 млн т до 25 млн т [2].

Эти данные характеризуют степень переработки твердых коммунальных отходов в Российской Федерации в настоящее время и масштабность стоящих перед отраслью задач. Национальный проект «Экология» предполагает, что к 2024 году на переработку должно направляться не менее 60% ТКО. Для сравнения в странах-лидерах, таких как Швеция, на полигоны вывозится всего 1% отходов. Половина отходов после сортировки сжигается для получения энергии, половина перерабатывается. Это один из лучших в мире показателей переработки ТКО.

К 2019 году ряд регионов России оказались не готовы к переходу на новое законодательство, регламентирующее переработку ТКО, предусматривающее разработку каждым регионом схемы обращения с отходами, выбор на конкурсной основе оператора по вывозу и переработке отходов и утверждение обоснованных тарифов. В ряде субъектов, которые не создали условия для работы по новым правилам и не выбрали регионального оператора переход на новые принципы переработки отходов был отсрочен до 1 января 2020. В городах федерального значения Москве, Санкт-Петербурге, Севастополе реформа стартует 1 января 2022 года. Большинство регионов (70) уже перешли на новую систему обращения с отходами либо на всей своей территории (57), либо в отдельных районах (13).

До реформы отрасль управления ТКО в России оставалась сильно фрагментированной. Отдельными стадиями утилизации отходов являются сбор, вывоз мусора, предварительная сортировка мусора непосредственно у производителя отходов, сортировка, выделение и переработка вторсырья, утилизация тех фракций, которые не могут быть переработаны. Конкурентными видами деятельности для бизнеса были только сортировка и вывоз мусора из городов, которые нередко выполнялись с элементами криминализации и коррумпированности.

В соответствии с подписанным Президентом РФ Указом, в рамках реформы создана компания «Рос-

сийский экологический оператор», которая становится единым оператором на федеральном уровне по управлению отходами. Она будет участвовать в разработке проектов нормативных актов по утилизации отходов, проводить экспертизы мусорных полигонов, а также заключать соглашения с международными организациями, привлекать инвестиции для реализации проектов по переработке мусора и т. д. Во всех российских регионах также создаются единые мусорные операторы, которые будут интегрированы в «Российский экологический оператор» [8].

По данным Общественной палаты, масштабные «мусорные» конфликты в 2018 году имели место в Московском регионе и Татарстане. Проблемы при подготовке реформы отрасли утилизации отходов имели место в Башкирии, Республике Коми, Ставропольском крае, Владимирской, Воронежской, Ленинградской, Нижегородской, Новосибирской, Самарской, Тверской, Челябинской и Ярославской областях, а также в Сочи и Владивостоке. Недовольство жителей резко увеличило политические риски проведения «мусорной» реформы, что требует повышения ее прозрачности при выборе оператора, обосновании территориальных схем и тарифов.

Острота экологических проблем делает проведение реформы утилизации отходов необратимой, несмотря на временную отсрочку. Прежде всего это относится к крупным городам и мегаполисам, являющимся ядрами моноцентрических агломераций. Мощная социально-экономическая и инженерно-техническая инфраструктура современной агломерации становятся одним из главных источников загрязнения окружающей среды.

Городские агломерации представляют собой систему компактно расположенных и экономически взаимосвязанных урбанизированных территорий, объединенных устойчивыми трудовыми, культурно-бытовыми и производственными связями, общей социальной и технической инфраструктурой, совместно используемыми земельными ресурсами [11].

Главенствующая и все возрастающая роль городских агломераций в экономике российских регионов неизбежно ставит вопрос о необходимости целенаправленного планирования развития агломераций, включая сферу утилизации твердых коммунальных отходов, как составляющую комплексной экологической проблемы [3].

Масштаб проблемы утилизации мусора, а главное, особенности алгоритма ее решения в рамках конкретной территории, определяются особенностями расселения и экономического развития. Специфика расселения на территории России, а именно очаговая сверхплотность населения в крупных агломерациях и сверхнизкая плотность населения вне этих образований, во многом определит особенности механизма реализации реформы обращения с отходами на местах.

Специфика агломерации, как объекта реализации реформы отрасли обращения с отходами, заключается в следующем:

1. Критическая ситуация с экологией в ядре агломерации с ее улучшением по мере удаления от ядра.

2. Регулярное воспроизводство большого объема ТКО разнообразной морфологии в ядре агломерации со снижением объемов и морфологии в спутниковых населенных пунктах.

3. Возможность создания единой стратегии и программы в сфере ТКО для ядра и населенных пунктов, находящихся в зоне агломерационного притяжения.

4. Отработка и применение на практике единых схем управления ТКО во входящих в агломерацию населенных пунктах, исходя из сложившихся взаимосвязей.

Разработка, с учетом перечисленных особенностей, территориальных схем в рамках агломерации на основе создания общей инфраструктуры обращения с отходами дает возможность обосновать оптимальную логистику передвижения отходов, повысить эффективность переработки ТКО. Целесообразность рассмотрения агломерации как объекта проведения реорганизации отрасли обращения с отходами основывается на сбалансированности и взаимном дополнении потребностей и ресурсов для их удовлетворения в ядре агломерации и зоне агломерационного притяжения, а также взаимной заинтересованности населения структурных элементов агломерации.

Ресурсы	Ядро агломерации	Зона агломерационного притяжения
Земля	-	+
Формируемая масса ТКО	+	-
Морфология ТКО	+	-
Инвестиционные возможности бюджета	+	-

В ряде агломераций уже накоплен опыт создания объектов инфраструктуры сортировки, переработки и утилизации мусора. Это Московская, Тюменская, Нижегородская агломерации и др.

Московская агломерация является основным генератором отходов производства и ТКО в РФ (15–20% от РФ), с учетом плотности населения, большого количества образуемых отходов, истощения ресурсов мусорных полигонов и недостатка свободных площадей для строительства новых. Основная часть ТКО Московского региона вывозится на полигоны Московской области, большинство из которых переполнены, возникают нелегальные свалки, создается мусорное кольцо вокруг столицы, негативно сказыва-

ясь на экологии агломерации в целом. В то же время, по оценкам экспертов, в Центральном федеральном округе при наличии сети мусоросортировочных станций на вторсырье можно было бы зарабатывать до 68 миллиардов рублей ежегодно [1].

Выбор схемы управления отходами должен обеспечить утилизацию бытовых отходов наиболее экономически выгодным и минимизирующим экологический вред способом.

Для такой крупнейшей территориальной структуры как Московская агломерация, может реализовываться только комплексный подход к обоснованию схем утилизации ТКО, предусматривающий полноценное развитие переработки отходов, основанной на их раздельном сборе. По планам Правительства Москвы, инфраструктура для обеспечения раздельного сбора мусора будет задействована с 2019 года и начнет активно функционировать в 2021 году. Значительная часть отходов города создается промышленными предприятиями, существующими на территории Москвы. Но город стремится сохранять на своей территории только высокотехнологичные наукоемкие предприятия, как фундамент экономики агломерации в целом.

Переход на раздельный сбор мусора позволит существенно уменьшить потребность в выделении земель под полигоны ТКО, минимизировать образование токсичной золы от сжигания мусора, создать новые рабочие места. В сфере экологии будет обеспечено уменьшение загрязнения окружающей среды в результате сжигания или захоронения отходов, экономия природных ресурсов и энергии. По экономическим критериям внедрение раздельного сбора отходов и большинство других методов увеличения потоков отходов, направляемых на переработку, требуют меньше вложений, чем строительство и обслуживание объектов захоронения и сжигания отходов. Для развития переработки отходов потребуется:

- активизация раздельного сбора ТКО, создание инфраструктуры отрасли утилизации отходов в Москве и населенных пунктах московской агломерации;
- широкое применение на практике успешного зарубежного и регионального опыта увеличения объемов переработки ТКО (стимулы, санкции, техническое обеспечение);
- принятие территориальных схем для Москвы и Московской области, отражающих оптимальную логистику обращения отходов;
- разработка и реализация региональных программ в области обращения с отходами производства и потребления;
- создание крупных многофункциональных комплексов (экотехнопарков) внеселитебных территорий, при необходимости и за границами агломерации;
- расширение сети перерабатывающих предприятий;

– снижение объемов отходов, направляемых на мусоросжигательные заводы, по мере создания условий роста переработки ТКО.

В настоящее время в Московской области предусмотрено строительство 11 мусороперерабатывающих комплексов и 4 завода по термическому обезвреживанию. За счет этой инфраструктуры должны быть почти на 60% уменьшены объемы мусора, подлежащего захоронению.

Экономическая эффективность раздельного сбора и углубленной переработки мусора снижается по мере снижения плотности населения. Именно в рамках агломерации появляется возможность учесть, спланировать и на практике обеспечить загрузку мощностей, перерабатывающих или мусоросжигающих объектов за счет вторсырья ядра агломерации. При этом масштабы московского мегаполиса таковы, что актуален вывоз мусора не только за пределы ядра, но и за пределы агломерации.

Успешным примером применения схемы взаимодействия муниципалитетов, входящих в агломерацию, является строительство на принципах государственно-частного партнерства Тюменского мусоросортировочного завода, который рассчитан на обслуживание жителей городов Тюмень, Ялуторовск, Заводоуковск и примыкающих к ним близлежащих районов, в которых в общей сложности проживают более 1 млн человек [7].

В Городецком районе Нижегородской области расположен межмуниципальный комплекс обработки и размещения ТКО, мощностью 100 тыс. т в год, который обслуживает 7 районов области с населением порядка 270 тыс. человек. Комплекс оснащен мусоросортировочной линией. Это объект так же построен с привлечением механизма государственно-частного партнерства. В комплексе с объектом построены 4 мусороперегрузочные станции для оптимизации логистических затрат и транспортирования ТКО [5].

В рамках городской агломерации может быть реализована возможность объединения средств муниципалитетов на принципах софинансирования и кооперации, не только для реализации проектов переработки ТКО, но и для производства сортировочных станций, контейнеров для раздельного сбора мусора, а также совместного финансирования закупок и содержания парка современной техники (парк мусоровозов).

Таким образом, в рамках агломерации, благодаря «инфраструктурному эффекту», появляется возможность реализации системного подхода к формированию отрасли обращения с отходами на основе единой программы и объединения необходимых ресурсов. Наиболее эффективно эта задача решается на стадии разработки Концепции развития агломерации. Так, в рамках Концепции совместного градостроительного развития Петербурга и части территорий Ленинград-

ской области, прилегающих к городу (Петербургская агломерация), на период до 2030 года с перспективой до 2050 года предусмотрено создание системы обращения с бытовыми отходами. Запланировано создание опорной сети мусороперерабатывающих комплексов, позволяющих удовлетворить нужды обоих регионов, определены места их размещения. Также планируется создание внутри агломерации зеленого пояса, обеспечивающего стабильное экологическое развитие и выполняющего рекреационную функцию [6].

Концепция развития Петербургской агломерации обеспечивает правовую основу создания отрасли обращения с отходами с последующим переходом от стратегических решений к управленческим, учитывающим специфические условия, финансовые и иные ресурсы в рамках конкретной территории.

Для Московской агломерации разработка такой Концепции, с последующим созданием, в соответствии с обоснованными территориальными схемами, необходимой инфраструктуры, стала бы основой решения накопившихся острых проблем в сфере обращения с отходами. Однако, принятые поправки сроков реализации реформы свидетельствуют, что Москва и Московская область будут двигаться к поставленной цели с разной скоростью. То есть, данные субъекты федерации пока не выработали согласованных позиций по проведению реформы обращения отходов. Такое положение дел вызывает тревогу, поскольку город и область давно уже стали единым экономическим и социальным пространством, единым целым. И без совместных усилий, без координации действий, без создания совместных программ развиваться регионам очень и очень сложно. В феврале 2018 года руководители Москвы и Московской области подписали Соглашение между Правительством Москвы и Правительством Московской области о стратегическом развитии Московского региона. В нем в частности указано, что «стороны содействуют развитию межрегиональной экономической интеграции и укреплению связей в таких сферах, как: поддержка промышленных предприятий, обеспечение жителей Московского региона чистой питьевой водой, экологическая безопасность ...» [4].

В настоящее время не сформировался единый подход к разработке структуры органов управления различными сферами жизнедеятельности агломерации, что является сложной организационно-экономической задачей. Успешным примером может служить деятельность Координационного совета по развитию транспортной системы Москвы и области. С учетом остроты экологической проблемы московской агломерации целесообразно рассмотреть возможность формирования аналогичной структуры для создания единой инфраструктуры решения общих экологических проблем. Управление деятельностью по обращению с отходами в рамках агломерации должно учитывать



уже принятые организационные решения, а именно создание единого Российского экологического оператора, как структуры федерального уровня, а также региональных операторов. Эти структуры должны взаимодействовать с комитетами (департаментами) по ЖКХ, природопользованию, социальной защите населения городов и муниципальных образований, составляющих агломерации. Целесообразно также перейти к широкому использованию цифровых технологий для создания и ведения базы данных обращения с отходами, а также актуализации территориальных схем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В ЦФО на вторсырье можно заработать 68 миллиардов рублей в год. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.idelreal.org/a/28626956.html>.
2. Главный по отходам: зачем стране нужен единый мусорный оператор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/politics/14/01/2019/5-c3ca9109a794741366304c8>.
3. **КАВАЛИНСКИЙ А.И., ТОПИЛИН А.В., РОСТАНЕЦ В.Г., ШУРИНОВА Е.В.** Городские агломерации России: перспективы управления и стратегического планирования развития // Вестник РАЕН, 2018. Т. 18. № 6. С. 72–79.
4. Москва и Подмосковье подписали стратегическое сотрудничество до 2025 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moscowchanges.ru/>
5. Нижегородская и Волгоградская области выбраны «пилотными» в российско-шведском сотрудничестве по утилизации и переработке отходов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/>.
6. Петербургская агломерация обрела Концепцию [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kto-stroit.ru/news/272710/>.
7. Тюменское экологическое объединение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://teo.ecotko.ru/>
8. Указ Президент Российской Федерации от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837200/>.
9. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

10. Федеральный закон от 29 декабря 2014 года № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_172948/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948/).
11. Экономика и организация управления крупным городом. Под ред. Бурака П.И. М.: Международный университет в Москве, 2014. 543 с.

**Бурак Петр Иосифович**,  
 д.э.н., профессор, директор Института региональных экономических исследований

☎ тел.: +7 (499) 241-04-18, e-mail: [irei@irei.ru](mailto:irei@irei.ru)

**Хомяченко Оксана Николаевна**,  
 к.э.н., начальник отдела Института региональных экономических исследований

☎ 119002, г. Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 29/16  
 119002, Moscow, Sivtsev Vrazhek lane., 29/16 D.  
 тел.: +7 (499) 241-60-95, e-mail: [all787@yandex.ru](mailto:all787@yandex.ru)

УДК 352.073

## «ПАРТИСИПАТОРНЫЙ БЮДЖЕТ» КАК ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВАЯ ФОРМА РЕАЛИЗАЦИИ КОНСТИТУЦИОННОГО ПРАВА ГРАЖДАН НА УЧАСТИЕ В УПРАВЛЕНИИ ДЕЛАМИ ГОСУДАРСТВА (ПРАКТИКО-ПРАВОВОЙ АСПЕКТ)

А.А. Спиридонов<sup>1</sup>,  
 А.С. Чернышев<sup>2</sup>, А.Д. Иванов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Тульский государственный  
 педагогический университет  
 им. Л.Н. Толстого

<sup>2</sup> Институт региональных  
 экономических исследований

В статье рассматривается мировой опыт использования механизмов партисипаторного бюджетирования и различных инструментов реализующих его принципы в органах территориального и местного управления в регионах Российской Федерации с учетом особенностей организации бюджетных процессов и межбюджетных отношений в РФ.

**Ключевые слова:** партисипаторный бюджет, местное самоуправление, государственное управление.

Партисипаторный бюджет является одной из форм, обеспечивающих участие граждан в управлении делами государства, называемое также партисипаторной демократией.

Партисипаторная демократия (от слова «participate» – принимать участие) – это организационно-правовая форма реализации права граждан на участие в управлении делами государства, базирующаяся на механизмах прямого участия граждан в принятии управленческих решений. Принимая во внимание сложность данной формы участия, в рамках настоящего исследования будет рассмотрен только один из ее элементов – «партисипаторный бюджет» и рассмотрен опыт его реализации в субъектах Российской

«PARTICIPATORY BUDGET» AS  
 AN ORGANIZATIONAL AND LEGAL  
 FORM OF IMPLEMENTATION OF THE  
 CONSTITUTIONAL RIGHT OF CITIZENS  
 TO PARTICIPATE IN THE MANAGEMENT  
 OF STATE AFFAIRS (PRACTICAL AND  
 LEGAL ASPECT)

A.A. SPIRIDONOV, A.S. CHERNYSHEV,  
 A.D. IVANOV

<sup>1</sup> TULA STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY  
 NAMED AFTER L.N. TOLSTOY

<sup>2</sup> INSTITUTE OF REGIONAL ECONOMIC STUDY

The article discusses the world experience of using the mechanisms of participatory budgeting and various tools implementing its principles in the bodies of territorial administration and local government in the regions of the Russian Federation, taking into account the peculiarities of the organization of budgetary processes and inter-budgetary relations in the Russian Federation.

**KEYWORDS:** participatory budget, local self-government, public administration.

Федерации.

Партисипативный бюджет можно рассматривать в двух значениях: широком и узком. В широком понимании – это местный бюджет, разработанный и утвержденный с участием общественности, т.е. финансовый план совместного управления, осуществляемого гражданами и местными органами власти.

В узком смысле – это роспись расходов, составленная при непосредственном участии населения путем сходов, интернет-голосования, публичных слушаний и т.п., как правило, охватывающая не все расходные статьи, а только капитальные вложения и вопросы финансирования инфраструктуры проектов.

В России опыт партисипаторного бюджетирования пока не получил широкого распространения. Однако, по экспертным оценкам, наибольший практический интерес представляет опыт Тульской области с проектом «Народный бюджет», а также опыт Кировской, Тверской, Нижегородской областей и Ставропольского края, реализованный по методологии Всемирного Банка под названием «Программа поддержки местных инициатив» (далее также – ППМИ) [2, 3].

На международном уровне пионером партисипаторного бюджетирования представляется возможным назвать Бразилию. Процедура начинается с собрания (ассамблеи) жителей района, на котором граждане обсуждают и намечают бюджетные приоритеты. Итоговое утверждение городского бюджета осуществляется делегатами, напрямую избранными на районных ассамблеях. В настоящее время на обсуждение гражданам предоставляется от 35 до 100% бюджетных расходов. Как показало исследование Всемирного Банка, данная практика позволила перераспределить бюджетные расходы и направить их на улучшение жизни наиболее нуждающихся территорий. Результатами использования партисипаторного бюджетирования являются снижение социальной напряженности, повышение доверия граждан и их вовлеченность в распределение государственных ресурсов, а также улучшение жизни населения.

Успешный опыт Бразилии способствовал распространению данной практики в других странах Латинской Америки: Эквадоре, Перу, Аргентине, Уругвае, Чили, Колумбии, странах Карибского бассейна. В настоящее время в Латинской Америке насчитывается от 618 до 1130 партисипаторных бюджетов, что составляет около трети всех партисипаторных бюджетов в мире.

Начиная с 2000-х годов успешная практика Бразилии в сфере партисипаторного бюджетирования стала применяться в странах Европы. Наибольшее распространение опыт партисипаторного бюджетирования получил во Франции, Испании и Италии. Через реформу и модернизацию системы местного самоуправления были реализованы принципы партисипаторного бюджетирования в Германии.

В Великобритании партисипаторное бюджетирование было поддержано национальным правительством. Модель продвижения партисипаторного бюджетирования опирается на местные негосударственные организации. В Польше в 2009 году был принят закон о партисипаторном бюджете. Закон конкретизировал схему финансирования партисипаторного бюджетирования во всех сельских поселениях.

Африка демонстрирует быстрый рост количества партисипаторных бюджетов за последние 3 года, в основном сконцентрированных в Сенегале, Камеруне, Республике Конго и Мадагаскаре. Основную

координирующую роль распространения модели партисипаторного бюджетирования на континенте играет Африканская ассоциация местных органов власти (UCLGA) в сотрудничестве с международными организациями UN-Habitat (ООН-Хабитат, The United Nations Human Settlements Programme – Программа Организации Объединенных Наций по населенным пунктам), а также европейскими и латиноамериканскими организациями.

В настоящее время происходит становление сетей континентальной поддержки деятельности по распространению партисипаторного бюджетирования в мире. Азия относительно недавно (с 2005 г.) начала использовать партисипаторное бюджетирование. Основными игроками здесь являются Южная Корея, Китай, а с 2009 года Индия.

Необходимо обратить внимание, что развитие партисипативного бюджетирования в Российской Федерации получило распространение на муниципальном и региональном уровнях. Аналогичные методы в работе с федеральным бюджетом, скорее всего, не дадут аналогичного результата в силу особенностей бюджетной системы Российской Федерации.

Рассмотрим более конкретно имеющийся в нашей стране опыт привлечения населения к распределению бюджетных средств. Прежде всего, следует отметить, что термин «партисипаторный» применительно к бюджету не имеет широкого использования в России. Вместо него используют словосочетания «гражданский», «народный» или «открытый» бюджет [2, 3].

В Российской Федерации эксперименты применения модели партисипаторного бюджетирования начались в 2007 году с апробации внедрения «Программы поддержки местных инициатив» «ППМИ» Всемирного Банка в Ставропольском крае. С 2010 года ППМИ реализуется в Кировской области, с 2011 – в Тульской области, с 2013 года – в Тверской и Нижегородской областях, а также в Хабаровском крае, а с 2014 года – в Республике Башкортостан. Всего на сегодняшний день в этих регионах завершено более 1,2 тыс. проектов.

Рассмотрим более подробно опыт реализации данных проектов. Одной из первых площадок по формированию народного бюджета с элементами партисипативности в России был город Красноярск, где в 2007 году на избирательных участках вместе с бюллетенями пришедшим раздавали списки с перечнем мероприятий, на которые планировалось направить определенную сумму из городского бюджета. Выбор данного способа опроса населения сделан из-за низкого распространения сети Интернет. Жителям, пришедшим на избирательные участки, предлагалось выбрать наиболее важный проект. Как показала статистика, в голосовании по распределению бюджетных средств приняло 70% жителей, пришедших на избирательные участки, которые наибольшее внимание уделили во-

просам ЖКХ, инфраструктурному развитию, образованию, здравоохранению.

Данные направления определили параметры бюджета города Красноярска на 2008 и дальнейшие годы. Предложения жителей позволили в каждом отдельном районе определить конкретные приоритетные объекты, перераспределить средства на решение первоочередных, по мнению населения, проблем.

Реализация проекта, с одной стороны, упрощает процесс формирования бюджета, так как он напрямую опирается на наказы жителей, с другой стороны, уровень ответственности властей перед населением растет.

Практика использования инструментов партиципативности получила дальнейшее развитие. Создан специальный информационный ресурс «Народный бюджет», позволяющий гражданам участвовать в формировании и исполнении бюджета города [5].

Еще одну модель формирования народного бюджета выбрали в городе Череповце. Данный проект был запущен Фондом Кудрина по поддержке гражданских инициатив и Европейского университета в Санкт-Петербурге совместно с мэрией г. Череповца в февралемарте 2013 года. Он подразумевает распределение части муниципальных бюджетных средств при помощи комиссии, состоящей из горожан и представителей администрации. Члены комиссии набираются жребием из числа горожан, которые выражают желание участвовать в проекте. В Череповце над распределением средств работала комиссия из 20 активных граждан, набранных в ходе рекрутинга в марте 2013 года. Объем распределяемых средств составлял 15 миллионов рублей.

Следует отметить, что жители проявили достаточно высокую заинтересованность в такого рода инициативе. Для решения задач проекта в Череповце была создана бюджетная комиссия, набранная с использованием демократических выборных процедур, с помощью жеребьевки из числа жителей, подавших заявку на участие в проекте. Всего было подано 122 заявки. Из присутствовавших 79 человек были выбраны 20 членов комиссии с правом голоса (тех, кто имеет право подавать инициативы по распределению средств) и 20 членов резерва, замещающих членов комиссии при невозможности исполнения ими своих обязанностей.

На заседаниях комиссии обсуждались основные городские проблемы, пути их решения и предлагались различные идеи по расходованию выделенных средств. В работе бюджетных комиссий особое внимание уделялось микроклимату группы и поиску возможностей для объединения горожан вокруг тех или иных проблем. Эти цели озвучивались членам комиссии перед началом работы. Стоит заметить, что при разном возрастном и образовательном составе групп, тенденции к объединению присутствовали с самого начала, поскольку горожан, которые участвовали в

А. А. СПИРИДОНОВ,  
А. С. ЧЕРНЫШЕВ, А. Д. ИВАНОВ  
«ПАРТИЦИПАТОРНЫЙ БЮДЖЕТ» КАК  
ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВАЯ ФОРМА  
РЕАЛИЗАЦИИ КОНСТИТУЦИОННОГО ПРАВА  
ГРАЖДАН НА УЧАСТИЕ В УПРАВЛЕНИИ ДЕЛАМИ  
ГОСУДАРСТВА (ПРАКТИКО-ПРАВОВОЙ АСПЕКТ)

проекте, волновали одни и те же городские проблемы и способы их решения, варианты решений также не противоречили друг другу.

В целом, объединение членов комиссии происходило вокруг нескольких базовых сфер городского хозяйства, которые горожане считали важными элементами городской жизни. Это такие сферы, как:

- благоустройство городских территорий: зеленые насаждения, освещение, развитие территорий;
- спортивные и досуговые зоны и их доступность, спортивная и вело-инфраструктура;
- дорожное строительство и безопасность на дорогах;
- модернизация дошкольного и школьного образования;
- модернизация здравоохранения и социальной сферы, в частности, для инвалидов;
- проблемы участия жителей в общественной жизни.

В итоге членами комиссии была поддержана только часть предложенных проектов: строительство спортивных площадок в шаговой доступности (во всех районах города), включающих в себя: футбольные поля, тренажерные комплексы, беговые дорожки, гимнастические снаряды. Общая сумма: 10 млн рублей и проект благоустройства территории, прилегающей к памятнику ликвидаторам аварии на ЧАЭС, с созданием зоны отдыха для горожан. Общая сумма: 5 млн рублей, с последующим софинансированием из муниципального бюджета.

Работа по оценке инициатив членов комиссии строилась таким образом, что каждый член комиссии имел право подать до трех инициатив по распределению бюджетных средств в письменном виде. Форма была свободной, поскольку эти инициативы носили предварительный характер и являлись только отражением видения членами комиссии городских проблем и способов их решения с учетом выделенных на проект средств.

Предложения членов комиссии оценивались заочно, на отдельных заседаниях рабочей группы в администрации. Основными принципами для отбора являлись критерии целесообразности (насколько данное предложение укладывалось в текущие муниципальные программы) и законности (насколько данное предложение соответствует сфере прав муниципалитета). На заседаниях рабочей группы присутствовали представители ключевых комитетов и отделов, ответственные за сферы муниципального управления – благоустройство, образование, здравоохранение и финансы. Стоит заметить, что в каждом из городов доля отказов в инициативах не превышала 25% от общего числа инициатив, что можно признать хорошей оценкой выбора членов бюджетной комиссии.

В дальнейшем перед рабочей группой стояла задача максимально открыто донести информацию до чле-

нов комиссии и общественности. Для этого им было рекомендовано сформулировать отказы в письменном виде, с объяснением причин (отказы вывешивались на интернет-площадке проектов для того, чтобы с ними могли ознакомиться все заинтересованные горожане). Для тех, кто был не удовлетворен письменными отказами, были организованы личные встречи с представителями профильных комитетов. Личное общение с чиновниками в данном случае должно поощряться, поскольку обеспечивает дополнительный канал связи между членами комиссии и исполнительной властью.

По окончании заседаний бюджетной комиссии авторы поддержанных предложений по спортивным площадкам и благоустройству вошли в состав рабочей группы в администрации, которая занималась практической реализацией этих проектов.

Работа над предложениями продолжалась с июня по ноябрь 2013 года. Цель этой работы – превращение предложений членов комиссии в полноценную бюджетную заявку. Важно подчеркнуть, что работа велась совместно представителями администрации и членами комиссии. На заседаниях, проходивших в эти месяцы, рабочая группа постаралась рассмотреть максимальное количество пожеланий, исходивших от членов комиссии, при проработке бюджетных заявок.

В итоге бюджетные заявки членов комиссии были включены в бюджетные заявки соответствующих комитетов администрации и вошли в проект бюджета на 2014 год, утвержденный городской Думой.

Практика «Народный бюджет» и «Народный бюджет ГОС» получила дальнейшее развитие и применяется, по данным официального сайта города Череповца [1], при планировании бюджетных средств до настоящего времени, а объемы бюджетных средств, распределяемых в рамках этих проектов, ежегодно растут и в 2019 году составили 46,5 млн рублей.

Интерес представляет опыт применения инструментов партисипаторного бюджетирования в Кировской области. Начиная с 2009 года на территории региона осуществляется проект, связанный со стимулированием участия граждан в реализации социально значимых проектов. В рамках реализации программы региональный бюджет предлагает гражданам процедуру «Самообложения». Сущность данного метода в том, что инициативная группа физических лиц может собрать денежные средства для реализации некоего социально значимого проекта, а власти Кировской области добавляя к данной сумме бюджетные средства. Пропорции софинансирования в течение всего периода эксперимента менялись: в 2009 и 2010 годах на 1 рубль граждан добавлялось 0,5 рубля из регионального бюджета; в 2011 году на 1 рубль граждан добавлялся 1 рубль из регионального бюджета; в 2012 году на 1 рубль граждан добавлялось 1,5 рубля из регионального бюджета.

Эксперимент продемонстрировал свою жизнеспособность и рост интереса населения, что подтверждается ростом денежных средств, вкладываемых гражданами в реализацию социально значимых инициатив [6].

Особого внимания, заслуживает опыт Тульской области, успешно реализующей проект «Народный бюджет». В рамках его реализации регион предлагает муниципальным образованиям на сходе граждан выбрать объекты, требующие незамедлительного ремонта. Сход граждан – обязательное условие реализации программы. Граждане на условиях софинансирования оплачивают не менее 5% от стоимости работ. Выбор исполнителя осуществляется в рамках федеральной контрактной системы. Участниками приемки работ в обязательном порядке являются представители населения. Перечень проблем, которые могут решить граждане, нормативно ограничен коммунальной сферой, в него, например, входят ремонт дорог, освещение, водоснабжение.

В рамках проекта «Народный бюджет» поселениям, в основном в сельской местности, выделены средства на обустройство и улучшение инфраструктуры своих населенных пунктов. В 2011 году сельским поселениям на проведение работ по решению насущных проблем из бюджета Тульской области было выделено более 17 млн рублей, в 2012 – 109 млн рублей, в 2013 – 256 млн рублей.

В 2014 году схема реализации «Народного бюджета» изменилась, в проекте стали принимать участие, в том числе, городские поселения. Механизм реализации проекта был закреплен в постановлении правительства Тульской области от 01.10.2013 № 521 «Об утверждении Положения о проекте «Народный бюджет» в Тульской области» [4].

Бюджетные деньги выделяются из регионально-го бюджета только при условии софинансирования проекта населением, муниципальным образованием и спонсорами. В отличие от аналогичных проектов, реализованных в прошлые годы, существенно расширился круг проблем, которые имеют возможность решить жители: ремонт кровель жилых домов, водопроводов и тепловых сетей, благоустройство дворовых территорий, приведение в порядок дорог поселений и городов, мемориальных комплексов, домов культуры, парковых зон и гидротехнических сооружений.

Важное значение имеют процедуры отбора проектов. С этой целью была реализована конкурсная процедура. Проекты-победители определяются в результате областного конкурса, при этом балльная система оценки гарантирует объективность принимаемых конкурсной комиссией решений. Бюджетные деньги выделяются областью только при условии софинансирования проекта со стороны населения, муниципального образования, физических и юридических лиц, индивидуальных предпринимателей.

Средства бюджета Тульской области на реализацию проекта предоставляются в форме субсидий муниципальным образованиям Тульской области. Условием предоставления субсидии является наличие софинансирования программы: – за счет средств местного бюджета в размере не менее 10% от стоимости программы; – со стороны населения городского округа, городского поселения не менее 8% от стоимости программы; – со стороны населения сельского поселения не менее 5% от стоимости программы; – со стороны юридических и физических лиц, индивидуальных предпринимателей не менее 5% для сельских поселений и 8% для городских поселений и городских округов; – в части выполнения работ в многоквартирных домах не менее 15% от стоимости программы со стороны населения.

Первый же год реализации проекта показал высокую заинтересованность граждан в его участии. Так, например, в конкурсном отборе в 2013 году было зарегистрировано 1000 заявок от муниципальных образований Тульской области, из них 605 заявок прошли конкурсный отбор.

В целях экономии денежных средств населения правительство Тульской области договорилось с Тульским филиалом ОАО «Сбербанк России» о невзимании процентов за перечисление средств по проекту «Народный бюджет».

Отбор непосредственных исполнителей (подрядчиков, поставщиков) по мероприятиям проекта осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации о контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд.

Общая стоимость всех проектов, участвовавших в проекте «Народный бюджет», на 2014 год составила 616 миллионов рублей. софинансирование от муниципальных образований составило порядка 121 миллиона рублей, от населения 72 миллиона рублей, от стороны юридических и физических лиц, индивидуальных предпринимателей около 45 миллионов рублей, из бюджета Тульской области 377 миллионов рублей.

Опыт Тульской области позволяет говорить, что жители очень активно участвуют в софинансировании ремонта многоквартирных домов. Порядка 35% средств бюджета Тульской области (136 млн руб.) было выделено именно на проекты по многоквартирным домам.

Изношенность жилищного фонда Тульской области очень велика. Насущная проблема капитального ремонта многоквартирных домов создает в обществе социальную напряженность, а проект «Народный бюджет» позволяет не только ее ослабить, но действительно эффективно решать проблемы, накопленные годами, причем инициатива по их решению исходит от самих жителей.

А. А. СПИРИДОНОВ,  
А. С. ЧЕРНЫШЕВ, А. Д. ИВАНОВ  
«ПАРТИЦИПАТОРНЫЙ БЮДЖЕТ» КАК  
ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВАЯ ФОРМА  
РЕАЛИЗАЦИИ КОНСТИТУЦИОННОГО ПРАВА  
ГРАЖДАН НА УЧАСТИЕ В УПРАВЛЕНИИ ДЕЛАМИ  
ГОСУДАРСТВА (ПРАКТИКО-ПРАВОВОЙ АСПЕКТ)

Проект «Народный бюджет» предоставляет собственникам помещений в многоквартирных домах реальную возможность в более оперативном варианте провести капитальный ремонт общего имущества с учетом новых механизмов по софинансированию мероприятий.

В ходе развития проекта «Народный бюджет» на 2015 год были внесены необходимые уточнения и изменения, такие как: подача заявок должна осуществляться только через сайт [www.openregion71.ru](http://www.openregion71.ru), за счет чего все этапы реализации программы станут более прозрачными; определены сроки приема заявок (с 1 июня до 31 августа), все условия участия в проекте размещены на сайте [www.openregion71.ru](http://www.openregion71.ru), с формами документов, необходимых для участия в проекте; одним из критериев оценки стало количество голосов на сайте [www.openregion71.ru](http://www.openregion71.ru) в поддержку того или иного проекта; отменена возможность внесения софинансирования от жителей и спонсоров работами и материалами; у членов садоводческих некоммерческих организаций появилась возможность принимать участие в программе «Народный бюджет», при условии, что участвующие в конкурсе объекты находятся в муниципальной собственности [7].

Проект «Народный бюджет» дал возможность населению совместно с органами местного самоуправления участвовать в решении вопросов социального значения, в выявлении и определении степени приоритетности проблем местного значения, в подготовке, реализации, контроле качества и в приемке работ, выполняемых в рамках программ, а также в последующем содержании и обеспечении сохранности объектов.

Проект способствует повышению эффективности бюджетных расходов за счет вовлечения населения в процессы принятия решений и усиления общественного контроля за действиями органов местного самоуправления.

Благодаря проекту «Народный бюджет» сегодня во многих населенных пунктах Тульской области решены проблемы, которые не решались годами. Заменены или отремонтированы водоканализационные сети, приобретены насосы, отремонтированы колодцы, восстановлено уличное освещение.

С помощью одноименного сервиса на портале «Открытый регион 71» жители могут воспользоваться информацией о месте, характере проводимых работ, подрядчике и бюджете объекта. Чтобы посмотреть информацию об исполнении программы «Народный бюджет», достаточно зайти на портал «Открытый регион 71» в профильный раздел, выбрать район. Далее появится интерактивная карта муниципального образования, на которой отображены объекты, участвовавшие в программе «Народный бюджет».

Следует отметить, что важнейшим фактором вовлечения населения в расходование и контроль бюд-

жетных средств является софинансирование. Практика показывает, что внесение гражданами собственных денежных средств в реализацию конкретного проекта существенно повышает их активность на этапе контроля качества работ и приемки работ.

Реализация вышеуказанных проектов проходит при сотрудничестве экспертов Всемирного Банка, который реализует в нашей стране «Программу поддержки местных инициатив». Особенностью российской Программы поддержки местных инициатив является ее полная интегрированность в национальные системы государственного управления и межбюджетных отношений.

Общей целью ППМИ является формирование эффективного и устойчивого механизма, позволяющего выявлять и оперативно реагировать на реальные проблемы местного уровня; вовлекать население в решение местных проблем; привлекать для решения этих проблем местные ресурсы. Данная цель достигается за счет финансовой и организационной поддержки совместных инициатив населения и органов местной власти (проектов), направленных на решение социальных проблем местного уровня. Долгосрочными эффектами ППМИ являются рост удовлетворенности населения качеством социальных услуг, минимизация иждивенческих настроений со стороны населения и активизация его участия в местном развитии, укрепление взаимного доверия населения и власти.

Механизм финансирования ППМИ предполагает выделение субсидий из регионального бюджета муниципальным образованиям, победившим в конкурсе проектов. Объем региональных субсидий зависит от количества участвующих в проекте муниципалитетов. Исходя из опыта разных регионов, минимальная сумма, выделяемая из бюджета региона на предоставление субсидий муниципалитетам в рамках ППМИ в пилотный год, составляет 25–30 млн рублей.

Максимальное количество заявок от одного муниципального образования (далее – МО) определяется сложившейся структурой муниципальных образований в соответствующем регионе. В частности, в Ставропольском крае одно МО имеет возможность подать лишь одну заявку, т.к. МО в этом регионе, как правило, состоит из одного крупного населенного пункта с населением, достигающим в некоторых случаях 15–20 тыс. чел. В Кировской и Тверской областях и, в определенной степени, в Нижегородской области, сельские поселения состоят из 3–5 небольших и множества мелких (иногда до 90) населенных пунктов. В Хабаровском крае МО включает от одного до 4–5 населенных пунктов в несколько сот или тысяч жителей. Во всех этих регионах (за исключением Тверской области) предоставлена возможность подачи нескольких заявок от одного МО.

Ответственным исполнителем ППМИ в регионах являются разные ведомства. В Тверской области

и Ставропольском крае ППМИ курирует Министерство финансов; в Кировской области – Департамент социального развития; в Нижегородской области – Министерство внутренней региональной и муниципальной политики; в Хабаровском крае и Республике Башкортостан – Министерство экономического развития. Это неудивительно, поскольку Программа носит междисциплинарный характер, охватывая вопросы социально-экономической направленности, межбюджетных отношений, поддержки инфраструктуры, муниципальной политики.

ППМИ предполагает проведение подготовительных работ, а также идентификации проектов и подготовки заявок в год, предшествующий реализации проектов, а непосредственный отбор проектов для предоставления субсидии и реализация проектов – в следующем календарном году. Таким образом, период от отбора проектов населением до их реализации занимает не более года.

Анализ опыта наиболее успешных российских практик вовлечения граждан в обсуждение и принятие решений по вопросам местных бюджетов показывает, что проекты гражданского участия в управлении бюджетом можно разделить на 2 основных типа.

Проекты первого – это проекты так называемого экстра-бюджетирования, которые представляют собой примеры конкурсного получения субсидий из региональных бюджетов на решение проблем, выбранных местными сообществами в качестве приоритетных. Условием субсидирования проектов является участие заинтересованных граждан и юридических лиц в софинансировании. Проекты экстра-бюджетирования приобрели популярность в ряде российских регионов и реализуются в сходных версиях под названиями «Народный бюджет», «Народный проект», «Народная инициатива» и по методике Всемирного банка под названием «Проект поддержки местных инициатив».

Для проектов второго типа, получивших в последние тридцать лет широкое распространение в мировой практике, предлагается использовать международный термин «партиципаторное бюджетирование». В таких проектах граждане не софинансируют проект, но участвуют в распределении части местных бюджетов и тесно взаимодействуют с местными администрациями в течение бюджетного цикла.

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод, что механизм партиципаторного бюджетирования является перспективной формой участия граждан в управлении делами государства. В целях повышения доверия населения к органам публичной власти регионального и местного уровней можно рекомендовать субъектам Российской Федерации и муниципальным образованиям определять часть бюджетных расходов инструментарием партиципаторной демократии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Постановлении правительства Тульской области от 01.10.2013 № 521 «Об утверждении Положения о проекте «Народный бюджет» в Тульской области».
2. Хачатрян Г., Шульга И., Гридин С., Сухова А. Оперативное руководство практики инициативного бюджетирования: пример Программы поддержки местных инициатив. М.: Алекс, 2016. 88 с.
3. Шульга И.Е., Вагин В.В., Хачатрян Г.Н., Сухова А.С., Шилов Л.А., Гаврилова Н.В., Шаповалова Н.А. Инициативное бюджетирование. Российский опыт в области участия граждан в решении вопросов местного значения. М.: Алекс, 2017. 124 с.
4. электронный ресурс [budget.admkrsk.ru](http://budget.admkrsk.ru)
5. электронный ресурс [mayor.cherinfo.ru](http://mayor.cherinfo.ru)
6. электронный ресурс [kirovreg.ru](http://kirovreg.ru)
7. электронный ресурс [www.openregion71.ru](http://www.openregion71.ru)

---

**Спиридонов Андрей Алексеевич**,  
к.ю.н., доцент, профессор кафедры правовых дисциплин  
ТГПУ им. Л.Н. Толстого,

☎ тел.: 7 (4872) 31-20-34, e-mail: 9691043@gmail.com

**Чернышев Александр Сергеевич**,  
к.э.н.

☎ тел.: +7 (499) 241-04-18.

**Иванов Алексей Дмитриевич**,  
д.э.н., профессор кафедры Менеджмента Института эконо-  
мики бизнеса, руководитель экспертной группы Института  
региональных экономических исследований

☎ 119002, г. Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 29/16  
тел.: +7 499241-04-18, e-mail: adivanov@me.com



УДК 613.613

# МЕТЕОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ: ТЕРМИНОЛОГИЯ, СИМПТОМАТИКА, СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К КОРРЕКЦИИ СОСТОЯНИЯ

А. В. ТАГАНОВ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ  
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Статья посвящена проблеме метеочувствительности (метеозависимости, метеопатии). По данным медицинской статистики, около трети мужчин и половина женщин реагируют на изменения погодных условий.

Дано определение метеочувствительности, определены механизмы и физиологические показатели проявления метеочувствительности.

Метеочувствительность проявляется различными типами метеотропных реакций. Небольшая дозировка мелатонина (0,3 мг) рекомендуется в качестве адаптогена для коррекции метеочувствительности.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** метеочувствительность, метеотропная реакция, погода, адаптоген.

Еще с древних времен люди отмечали влияние погоды на самочувствие, об этом упоминали в своих трактатах Парацельс, Гиппократ и другие врачеватели. Гиппократ, считающийся отцом современной медицины, в «Corpus Hippocraticum» писал, что «...человека следует рассматривать как единое целое с тем, что его окружает; нужно изучать времена года, их изменения и переходы между ними, а также их влияние на человеческое тело ...». Гиппократ указывал на зависимость здоровья человека от климата и погоды, предупреждая врачевателей: «Будь особо внимательным при перемене погоды, в этот период избегай кровопусканий, прижиганий и не берись за скальпель» [5].

На изменение погодных факторов чаще реагируют жители городов, особенно осенью и весной, когда перепады температур и атмосферного давления наиболее выражены.

Установлена связь между возникновением и/или обострением ряда патологических состояний (стенокардия, гипертонические кризы, инфаркт миокарда и мозга, бронхиальная астма, сахарный диабет, нарушения психики и др.) и изменениями погодных факторов [11].

По данным медицинской статистики, в разных странах около трети мужчин, почти половина женщин

## METESENSITIVITY: TERMINOLOGY, SYMPTOMS AND METHODS OF CORRECTION

A.V. TAGANOV

RUSSIAN ACADEMY OF NATURAL SCIENCES

This paper is dedicated to the problem of meteosensitivity (meteodependency or meteopathy). According to medical statistics, about a third of men and half of women are hypersensitive to changes in weather conditions. We introduce and discuss the definition for meteosensitivity mechanisms and physiological indicators meteosensitivity. The weather sensitivity is manifested in different types of meteopathic reactions. Small dosage of melatonin (0,3 mg) is recommended as an adaptogen for correction of meteosensitivity conditions.

**KEYWORDS:** meteosensitivity, meteotropic reaction, weather, adaptogen.

имеют повышенную чувствительность к изменениям погодных условий (патент\_RU 2428183C1). Женщины страдают чаще мужчин, в чем немаловажную роль играет гормональный фон. От погодных колебаний страдают подверженные стрессам и переутомлению офисные работники, также в группе повышенного риска те, кто ведет малоподвижный образ жизни.

По данным исследования метеоанамнеза (Ф.Г. Коленко с соавт. 2009 г.) у 38,3% обследованных регистрировали повышенную метеочувствительность. Сигнальную реакцию (проявление симптомов, предшествующих видимым изменениям погоды) регистрировали у 11,1%, «последовую» реакцию (сохранение симптоматики, после нормализации погоды) – 3,08%. Исследователи считают, что для профилактики состояния повышенной метеочувствительности, необходим комплекс мероприятий, направленных на активацию защитных и адаптационных сил организма [2, 4, 14].

Другие исследователи отмечали, что метеочувствительность среди студентов в возрасте от 17 до 23 лет составляла 29,3% [4].

Проблема метеочувствительности значима и в детском возрасте. Патологические реакции на неблагоприятную погоду регистрируются у 30–80% детей [5].

Метеотропные реакции отмечены (В.М. Ганузин с соавт., 2015 г.) у 67,2% обследованных 143 студентов. Наиболее часто встречались следующие метеотропные реакции: головные боли, снижение работоспособности, слабость, нарушение сна, боли в мышцах и суставах. Обострения хронических заболеваний наблюдались у 20,8% метеозависимых студентов [3, 4].

Состояния, возникающие под влиянием погодных факторов, определяются различными терминами (метеочувствительность, метеозависимость, метеоневроз, метеопатия, метеолабильность и др.), что свидетельствует о попытках отразить в названии взаимосвязь погодных факторов и реакцию организма на них [1].

Наиболее часто, используют термин – метеочувствительность (виды её проявления: метеозависимость, метеоневроз и др.), в научной литературе данное состояние характеризуется различными клиническими проявлениями, которые называют - метеотропные реакции.

Метеочувствительность – это реакция организма на изменение погодных условий, которая обусловлена нарушением адаптации организма к перемене погодных условий.

Метеотропная реакция (как проявление метеочувствительности/метеозависимости/метеоневроза) – симптомокомплекс, транзиторных психофизических изменений, возникающих в ответ на изменение погодных условий, вследствие нарушения адаптивных механизмов и компенсаторных реакций из-за различных хронических заболеваний, наследственной предрасположенности, возрастных изменений, стрессов и др. Метеотропными называются все виды реакций организма человека, развивающиеся под влиянием погодных факторов [12].

К наиболее значимым факторам, способствующим развитию метеотропных реакций, относятся:

- атмосферное давление;
- магнитные возмущения и магнитные бури;
- солнечная активность;

и др. (температура; атмосферное электричество; влажность; содержание кислорода и озона в атмосфере; загрязнение воздуха; ветер (скорость), движение воздушных фронтов, лунные ритмы [7].

По силе реагирования организма на изменение погодных факторов, возникающие состояния можно подразделить на:

1. Метеочувствительность (чувствует изменение погоды, коррекция состояния с использованием когнитивно-поведенческой терапии, рекомендовано использование адаптогенов).

2. Метеозависимость (реагирует на изменение погоды, может потребоваться симптоматическая медикаментозная коррекция и/или использование адаптогенов, чаще проявляется неспецифическими метеотропными реакциями).

3. Метеоневроз (остро реагирует на изменение погоды, состояние требует медикаментозной коррекции – симптоматическая терапия, адаптогены и др., проявляется специфическими или комбинированными метеотропными реакциями).

В зависимости от скорости реакции на погодные факторы метеотропные реакции подразделяются на: сигнальную (метеотропная реакция наступает раньше видимого изменения погодных условий), типичную (метеотропная реакция наступает в период изменения погодных условий), последовая (метеотропная реакция возникает и/или продолжается после действия метеофактора) [13].

Механизм взаимодействия организма с внешней средой и метеотропных реакций, по существу аналогичен реакциям адаптации и стресса [6, 10].

Признаками метеотропных реакций являются:

1. метеотропность возникающих проявлений (доказанная и прямая взаимосвязь со сменой погоды, типичные и циклично повторяющиеся признаки метеотропных реакций в однородно формирующихся погодных ситуациях);
2. одновременность (возникает одновременно при резкой смене погоды);
3. массовость развития (возникает у большого числа метеозависимых, при резкой смене погоды);
4. кратковременность (ограничена по времени, прямая взаимосвязь с длительностью изменения/действия погодного фактора);
5. стереотипность (похожие симптомы специфические/неспецифические, возникновение которых, связано с изменением погоды).

Ученые считают, что развитие метеотропных реакций, напрямую связано с вегетативной дисфункцией. Вегетативная нервная система является первичным местом приложения метеорологических воздействий, вызывающих сдвиги в ее равновесии и возникновение вегетативно-сосудистых нарушений, в дни с неблагоприятной погодой [12].

Воздействуя на соответствующие баро-, термо-, хемо- и другие рецепторы, метеорологические факторы вызывают активизацию симпатической нервной системы, ее десинхронизацию, т.е. внутреннее расгласование независимых ритмов.

Метеотропные реакции подразделяют: на специфические (симптомы обострения хронического заболевания) и неспецифические связанные с реакцией вегетативной системы (плохое самочувствие, головные боли, боли в суставах, повышение или понижение нервной возбудимости, снижение работоспособности, колебания артериального давления, тахикардия и др.), степень выраженности которых зависит от индивидуальной вегетативной устойчивости.

Возникновение этих симптомов всегда связано с метеорологическими факторами, что и отличает метеотропные реакции от сходных с ними по клинике

обострениями хронических заболеваний [7, 8, 13]. Наличие одновременно специфических и неспецифических симптомов можно считать комбинированным типом метеотропной реакции.

Профилактика состояний, связанных с воздействием погодных факторов (метеочувствительность) базируется на соблюдении здорового образа жизни (правильное питание, соблюдение режима сна и отдыха, умеренные физические нагрузки и др.)

Для коррекции метеочувствительных состояний используют, чаще всего симптоматическую терапию (успокоительные, спазмолитики, обезболивающие) и адаптогены, оказывающие влияние на снижение негативной реакции организма на смену погоды.

Адаптогены – фармакологическая группа препаратов природного или искусственного происхождения, способных повышать неспецифическую сопротивляемость организма к широкому спектру вредных воздействий.

В последнее время исследователи обратили внимание на мелатонин, в контексте его мультифакторного воздействия на симптомы, которые возникают при изменении погоды.

Многочисленные публикации в научной литературе указывают на мультимодальное влияние мелатонина на организм и его активное участие во многих физиологических процессах [2, 8, 9].

Мелатонин участвует практически во всех процессах жизнедеятельности и контролирует многие функции организма, проявляет универсальные терапевтические свойства, которые определяют его биологическую роль. Результаты экспериментальных и клинических исследований свидетельствуют о том, что мелатонин обеспечивает нормальную биоэлектрическую активность мозга, регуляцию циркадианных ритмов иммунной и других систем организма, антистрессовую защиту и обладает полезными адаптивными и метеопротективными свойствами.

Метеопротективные свойства мелатонина обусловлены:

- увеличением концентрации гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК), что способствует расслаблению и успокоению, улучшению настроения;
- снижением частоты приступов головных болей и головокружений;
- адаптивным действием;
- снижением стрессовых реакций;
- противовоспалительным, противоболевым, иммуностимулирующим и антиоксидантными эффектами.

На российском фармацевтическом рынке присутствует мелатонин в дозировке 0,3 мг, который имеет показание к применению – метеочувствительность. Курсовой прием (6–8 недель) мелатонина в малой дозировке (0,3 мг) рекомендован в межсезонье, когда люди особенно часто страдают от погодных изменений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема метеочувствительности не потеряла своей актуальности и в настоящее время. Патологические метеотропные реакции, в зависимости от действующих факторов и механизмов реализации, проявляются многообразием клинических симптомов, возникновение которых, связано с метеорологическими факторами, что отличает метеотропные реакции от обострения хронических заболеваний (сходных с ними по клинике).

Важную роль в коррекции метеочувствительных состояний играют адаптогены. При метеочувствительности, в качестве адаптогена, мелатонин (0,3 мг) рекомендуется принимать курсом 6–8 недель. Мелатонин способствует адаптации к изменениям погодных факторов, снижая их негативное влияние на организм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **БОГОМОЛОВА А.** Живой барометр, как справиться с метеозависимостью. Фитодоктор. 2017. №3 (46). С. 6–7.
2. **ВАСЕНДИН Д.В.** Медико-биологические эффекты мелатонина: некоторые итоги и перспективы изучения. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2016 (3). С. 171–178.
3. **ГАНУЗИН В.М., ЧЁРНАЯ Н.А.** Распространенность метеочувствительности и метеотропных реакций у студентов старших курсов. Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2015. №3. С. 28–31.
4. **ГРИГОРЬЕВ К.И.** Проблемы метеотропизма в университетской гигиене (на примере студентов педагогического вуза): Автореф. дис. докт. мед. наук. М. 1992. 34 с.
5. **ГРИГОРЬЕВ К.И., ПОВАЖНАЯ Е.А.** Проблема повышенной метеочувствительности у детей и подростков // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2018. Вып. 63. № 3. С. 84–90.
6. **ГУСАКОВА Н.** Погода и здоровье // Наука и инновации. 2011. Т. 4. № 98. С. 28–32.
7. **ДЕМАКОВА Л.В. и др.** Гигиеническая оценка зависимости реакций организма студента от погодных условий // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 149.
8. **ЗАСЛАВСКАЯ Р.М., ЩЕРБАНЬ Э.А., ТЕЙБЛЮМ М.М., ЛОГВИНЕНКО С.И.** Изучение метеопротективных свойств препаратов с адаптогенным действием (мелаксена, мекбикара и элтацина) у больных с артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2011. Вып. 117. №. 22. С. 103–109.
9. **ЗАСЛАВСКАЯ Р.М., ЩЕРБАНЬ Э.А., ЛОГВИНЕНКО С.И.** Влияние адаптогенов на гемодинамику метеочувствительных больных с артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца. Вестник

- Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина, 2010. Вып. 3. С. 210–212.
10. **КЛЕЩЕВ А.С., КУЛАКОВ Ю.В., ЧЕРНЯХОВСКАЯ М.Ю.** Анализ знаний о магнитометеочувствительности // Тихоокеанский медицинский журнал. 2005. №2. С. 20–27.
  11. **КОЛЕНКО Ф.Г., КОЛЕНКО О.И., СТЕЦЕНКО А.В., СТЕЦЕНКО Н.Н., ЧУВИКОВ Ф.М., КРАВЧЕНК З.Ф.** Влияние погодных факторов на тонус вегетативной нервной системы и некоторые интегративные показатели адаптации организма // Вісник Сумського державного університету. Серія Медицина. 2009. №1. С. 104–109.
  12. **КОЛЕСНИКОВА И.В., АНАНЬИН Н.Н., ЕЛЬЧИНИНОВ Н.В.** Коррекция метеопатических реакций при психовегетативном синдроме // Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке». 2008. Вып. 10. №. 9. С. 394–395.
  13. **САВЕНКОВ М.П., ИВАНОВ, С.Н., САФОНОВА Т.Е.** Фармакологическая коррекция метеопатических реакций у больных с артериальной гипертонией // Трудный пациент. 2007. №3. С. 17–20.
  14. **Хронобиология и хрономедицина.** Под ред. Ф.И. Комарова. М.: Медицина, 1989. 400 с.

---

**Таганов Алексей Викторович,**  
д.м.н., действительный член РАЕН

☎ 119002, г. Москва, пер. Сивцев Вражек, 29/16,  
e-mail: matis87177@yandex.ru

УДК 636.012:575

НАЧАЛО НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Н. И. ВАВИЛОВА.  
ПЕРВЫЕ РАБОТЫ ПО ИММУНИТЕТУ РАСТЕНИЙ

В. И. Глазко

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МСХА  
ИМ. К. А. ТИМИРЯЗЕВА

В этом году празднуется столетие выхода монографии Н. И. Вавилова «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям» (1919). Все более или менее крупные труды ученого определили собой решительный поворот в теории и в методах исследований. Даже небольшие работы были отмечены печатью его яркой самобытности и характеризовались оригинальным подходом к поставленной задаче и ее решениям. Представлены первые научные шаги Н. И. Вавилова, обсуждается тесная связь его работ по иммунитету и разработанному им закону о гомологических рядах в наследственной изменчивости. Рассматриваются ранние научные труды Н. И. Вавилова, его изумительные по новизне и оригинальности исследования, идеи, концепции и теории, которые раскрыли перед биологами, растениеводами и генетиками необычайно широкие горизонты и вдохновили их на новые плодотворные исследования, которые задали вектор развития в XXI веке. После опубликования Николаем Ивановичем своих основных трудов почти все биологические исследования у нас и за рубежом развивались в направлениях, высказанных им идей.

**Ключевые слова:** иммунитет, растения, Н. И. Вавилов, ранние работы, закон гомологических рядов в наследственной изменчивости.

Николай Иванович Вавилов родился 26 ноября 1887 года в Москве. Отец его, Иван Ильич – купец, стремясь сделать сына своим преемником, отдал его на учение в одно из коммерческих средних учебных заведений в Москве. Лишенный возможности по окончании училища немедленно поступить в Московский университет, из-за предметов в училище, Николай Иванович, следуя своим стремлениям и интересам, избрал Московский сельскохозяйственный институт (ныне Тимирязевскую академию), куда и поступил в 1906 году [3]. В МСХИ было проще поступать, демократично. Проблема таланта, жизни и поступления для молодых людей стояла уже тогда, как и сейчас [4–7]...

THE BEGINNING OF SCIENTIFIC  
ACTIVITIES OF N. I. VAVILOV  
IN PETRIVKA, THE FIRST WORK  
ON PLANT IMMUNITY

V. I. GLAZKO

TIMIRYAZEV RUSSIAN STATE AGRARIAN  
UNIVERSITY—MOSCOW AGRARIAN ACADEMY,

This year is celebrated the centenary of the publication of the monograph N. I. Vavilov «Plant Immunity to infectious diseases» (1919). More or less large works of N. I. Vavilov have defined a decisive turn in the theory and methods of research. Even small works were marked by the seal of his bright identity and characterized by an original approach to the task and its solutions. The first scientific steps of N. I. Vavilov and the close relationship of his work on immunity and developed by him the law on homological series in hereditary variability are discussed. Early scientific works of N. I. Vavilov are considered, his amazing novelty and originality of research, his ideas, concepts and theories, which revealed to biologists, plant growers and geneticists unusually broad horizons and inspired them to new fruitful research, which set the vector of development in the 21ST century are discussed. After the publication of his main works by Nikolai Ivanovich, almost all biological research in Russia and abroad developed in the directions of his ideas.

**KEY WORDS:** immunity, plants, N. I. Vavilov, early works, the law of homological series in hereditary variability.

Уже в студенческие годы Вавилов проявил большой интерес к научным исследованиям, которым отдавался с колоссальной энергией и неутомимостью, и этим завоевал огромную популярность, любовь и уважение своих товарищей и учителей. Его однокурсник, впоследствии академик ВАСХНИЛ Алексей Никанорович Соколовский (остался жив, в последующие тяжелые время), отмечает в своих воспоминаниях, что «за студента Вавилова боролся целый ряд кафедр» [3].

При кафедре профессора Н. М. Кулагина он выполнил ценную научную работу «Полевые слизни, вредители полей и огородов», опубликованную в 1910 году и студент впервые был удостоен премии имени

А.П. Богданова Московского политехнического музея. В результате Николай Иванович прошел школу крупнейших ученых в МСХИ. Оставленный в институте для подготовки к профессорскому званию при кафедре частного земледелия у Д.Н. Прянишникова, он был прикомандирован к селекционной станции, которой в то время руководил ее основатель Дионисий Леопольдович Рудзинский. На станции Вавилов сделал первые шаги по изучению иммунитета культурных растений к паразитическим грибам, что продолжало интересовать его всю жизнь и чему он посвятил впоследствии немало своих работ. В это же время он вел педагогическую работу в институте и на Голицынских высших женских сельскохозяйственных курсах. В 1911–1912 годах Николай Иванович совершил новый принципиальный шаг – выполнял работы в Петербурге в качестве практиканта в Бюро по прикладной ботанике у Р.Э. Регеля и в Бюро по микологии и фитопатологии у известного миколога А.А. Ячевского. Это был принципиальный шаг для него.

В 1913 году для пополнения своих знаний совершен следующий принципиальный шаг – Н.И. Вавилов был командирован за границу университетом (для подготовки к профессорскому званию), как было принято в то время в Петровке.

В Англии он продолжил исследования у Бетсона, Пеннета и Бивена, во Франции – у Вильморена, в Германии – в лаборатории Эрнста Геккеля. Начавшаяся первая мировая война прервала эту поездку. В 1917 году Вавилов избирается профессором генетики, селекции и частного земледелия на агрономическом факультете Саратовского университета. В 1921 году он участвует в Международном конгрессе по сельскому хозяйству в США (тогда это было возможно). Здесь Николай Иванович организовал Советское бюро по интродукции ценных растений, с помощью которого по поручению Наркомзема РСФСР интродуцировал в СССР из США и Канады большое количество растительного материала (несмотря на ситуацию в стране), в том числе семена ценных сортов сельскохозяйственных культур, в которых в это время наша страна после революции особенно нуждалась.

Значительная часть замечательных идей XX столетия в биологии была высказана Н.И. Вавиловым и многие до сих пор, в 21 веке, продолжают и будут интенсивно разрабатываться современными учеными мира. Ключевые позиции, которые интересны до сих пор в мире и разработка которых Н.И. Вавиловым оказала влияние на современную науку, следующие:

- 1) иммунитет растений;
- 2) закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, который вскрывал правила формообразования и позволял предсказывать у данного вида, еще не открытые, но возможные признаки (аналогия с системой Менделеева);

- 3) учение о центрах происхождения культурных растений;
- представления о сложной полиморфной структуре биологических видов;
- 4) учение о геногеографии;
- 5) представление о смысловом содержании понятия о виде.

В настоящее время важно помнить не только уникальные работы Н.И. Вавилова, а также берущие свое начало от них успехи современных наук, но, что еще важнее, ту научную среду, которая формировала Н.И. Вавилова, и которую в дальнейшем он формировал сам. Еще и потому, что она оказала естественное влияние на наше образование, на наши представления о важности научных взаимодействий, коллективного творчества [2].

Будучи студентом Петровской академии (МСХИ), Вавилов отнес к основным направлениям исследований в агрономии изучение мировой культурной флоры земного шара, использование дикой флоры для обогащения культурной флоры и «овладение синтезом органических форм». Гениальная способность (уже в то время) Вавилова увидеть в частном явлении в биологии – общее, позволяла в кажущемся хаосе обнаружить логику закономерностей, в любой работе найти обобщающую мысль. Это поражало его современников и читающих сотрудников его работы в XXI веке. Н.И. Вавилов унаследовал от своих учителей редкую, но славную отечественную традицию – жить и работать во благо всех живущих в мире [4].

Такой обширной стране, как Россия, с ее климатическим, почвенным и географическим разнообразием, нужно и необходимо, считал Вавилов, и соответствующее сортовое разнообразие растений, приспособленных ко всем климатическим зонам страны. Это означает – нужен колоссальный исходный материал для селекционной работы в стране, тогда это было не принято.

Идея создания в России генетического фонда растительности планеты сделалась становой идеей его жизни. Она превратила его – агронома, ботаника, генетика – еще и в историка, лингвиста, крупнейшего географа-путешественника [9].

В августе 1907 г. Н.И. Вавилов приобретает книгу для записей, эта книга, впоследствии – дневник студента МСХИ Николая Вавилова, первый и самый дорогой из всех дневников великого ученого и путешественника (40 дневников его жизни уничтожены проклятым изувером следователем Хватом при аресте Н.И. Вавилова, причем использовал физические средства воздействия, как было принято в то время) [5, 8, 10, 11].

...Студенческий дневник сохранился в личном архиве Лидии Васильевны Курносовой, вдовы Олега, первого сына Н.И. Вавилова. В 2005 г. дневник студента МСХИ Николая Вавилова опубликован в журнале «Человек». Публикуемый дневник позволил увидеть,

как в течение четырех с половиной лет шла эволюция Николая Вавилова. Все записи внесены в книжку в 1907–1911 гг., Николай Иванович Вавилов приступил к записи своих размышлений и заметок через год после зачисления на учебу в Московский сельскохозяйственный институт [10].

Наличие дневника дает возможность представить путь взросления Николая Ивановича как ученого. Например, получить ответ на вопрос – почему он пошел в агрономию. В его дневнике представлен уникальный ответ – потому что необходимо решить основную проблему страны, мира – голод.

В преддверии своего 20-летия Николай Вавилов впервые пытается осознать и сформулировать те идеалы, которые становятся смыслом всей его последующей жизни и деятельности, для успеха страны. Кроме проблемы голода, он видит острую актуальность развития общемирового знания, служения народу и стремление к собственному вкладу в улучшение жизни людей во всем мире. То, что традиционно было характерно для молодых людей того времени в России. Это и определило выбор пути, направления обучения – путь земского агронома. На то время эта идеология определяла массовое сознание российской интеллигенции, живущей и работающей в крестьянской стране и пытающейся вывести страну на мировой уровень.

Придя в МСХИ, Н.И. Вавилов с первого же курса начал просто и логично свое образование – с организации кружка общественной агрономии. Институт поддержал это начинание и утвердил его Советом МСХИ 6 ноября 1907 г. при активной поддержке А.Ф. Фортунатова и Д.Н. Прянишникова. В уставе кружка указана его цель «изучение природы в биологическом и физико-химическом отношении». В нем перечислены также следующие пункты деятельности кружка:

«1) собирается в заседаниях, где заслушивает как самостоятельные научные доклады, так и рефераты на научные темы;

2) устраивает лекции платные и бесплатные;

3) организует экскурсии и ставит опыты по разным научным вопросам;

4) собирает и обрабатывает коллекции;

5) учреждает библиотеку по естествознанию;

6) входит в сношения с русскими и иностранными обществами и отдельными лицами по вопросам, относящимся к задачам кружка».

Жаль, что это, как направление учебы студентов, исчезло в современных вузах...

Форма работы студентов была тесно связана с практикой, они массово ее проходили на селекционной станции (заведующий Д.Л. Рудзинский). Результатом этого стало то, что многие практиканты селекционной станции впоследствии стали крупными учеными, например: Л.П. Бреславец, Н.И. Вавилов, Л.И. Говоров, С.И. Жегалов, А.Г. Лорх, К.И. Пангалло, Г.Д. Карпеченко и многие другие. Исторически это

и стало истоком создания научной селекции в России, пока ее не разгромил псевдоученый, любимец Сталина – Т.Д. Лысенко [2, 3]...

Стараниями сотрудников Тимирязевки селекция из искусства превратилась в науку, базирующуюся, прежде всего, на генетике и использующую достижения таких наук, как систематика, геоботаника, физиология и других. Характерной чертой обучения студентов руководителем станции Д.Л. Рудзинским было регулярное проведение семинаров по четвергам. Он хотел, чтобы сотрудники были в курсе всех достижений селекции. На каждом семинаре представлялись сообщения о научных событиях и рефераты научных статей.

Многие практиканты впоследствии вспоминали, что Н.И. Вавилов на семинарах выступал чаще других и что «шеф», старавшийся быть серьезным, был доволен и улыбался. Как руководитель он признавался, что большую часть литературы по излагаемому вопросу узнал только из доклада Вавилова и других практикантов [3].

Много позднее Рудзинский писал своему бывшему студенту: «Мне очень совестно, когда Вы называете меня своим учителем. Ведь мы лишь совместно работали на станции самостоятельно, и я во много раз занимал больше от Вас, чем [Вы] от меня, и вообще на дне горький осадок, что я очень мало давал от себя моим сотрудникам, требуя от них большой работоспособности, которой я был тогда одержим» [9].

Н.И. Вавилов продолжает вести свою активную позицию в МСХИ. 1909 г. в России широко и активно празднуется 100-летие со дня рождения Ч. Дарвина и 50 лет со дня выхода «Происхождения видов...», в том числе и в МСХИ. На торжественном заседании МСХИ в честь Чарльза Дарвина, в связи со 100-летием со дня его рождения, студент 3-го курса Н.И. Вавилов (редкий и для нашего времени случай) выступает с докладом «Дарвинизм и экспериментальная морфология». Он пытается, уже в то время, раскрыть связь между новейшими данными о строении организмов и эволюционным учением. В пользу серьезности доклада Вавилова говорит то обстоятельство, что зачитан он был на том же заседании, что и доклады профессора Н.М. Кулагина «Зоология после Дарвина», и руководителя селекционной станции Д.Л. Рудзинского «Дарвинизм и искусственный отбор» [3].

25 октября 1910 г. в записях Н.И. Вавилова впервые появляется слово – генетика, которая рассматривается им как основа миропонимания, судя по следующей записи: «*Homo sapiens* есть комплекс наследственных признаков + влияние внешней среды. Постичь то и другое значит понять душу живую, понять человека, кто он, куда он идет. Наука о наследственности открывает завесу над тьмой» [10].

Одна из небольших ранних работ Н.И. Вавилова «О происхождении культурной ржи» была опубликована в 1917 году. По форме это красивый этюд, рису-

ющий историю возникновения одного из известных и широко культивируемых растений. Но Н.И. Вавилов тщательно проследил этапы эволюции так называемой сорно-полевой ржи в современную культурную рожь и обосновал ранее неизвестный путь возникновения целого ряда более молодых культурных растений или «вторичных» культурных растений. Он показал, как в недрах древних земледельческих культур из засоряющих их сорно-полевых растений медленно и постепенно возникает новая молодая культура. Такой путь становления культурных растений оказался характерным для овса и рыжика и, вероятно, будет еще не раз использован для изучения истории других земледельческих культур [3].

В этой небольшой работе Н.И. Вавилов впервые охарактеризовал юго-западную Азию как центр формирования ржи и пшеницы и заложил начало своим последующим исследованиям по установлению центров происхождения культурных растений, среди которых Азия вообще и юго-западная Азия, в частности, играют весьма важную роль. Наконец, он впервые показал возможность приложения к ботаническим исследованиям данных сравнительного языкознания, подвергнув лингвистическому анализу свои биологические исследования по происхождению культурной ржи. После Вавилова этот метод применялся в качестве добавочной аргументации и другими учеными.

Тщательно наблюдая и описывая растения на полях в студенческие годы, Н.И. Вавилов не мог не заметить повторяемости фенотипических признаков у представителей различных видов пшеницы, равно как у ячменя, ржи и других злаков. Так, в пределах наиболее распространенного в культуре вида пшеницы *Triticum aestivum* L. представлены остистые и безостые колосья, окрашенные и неокрашенные, опушенные волосками и неопушенные, плотные и рыхлые, длинные и короткие, с белым и окрашенным зерном, покрытые восковым налетом и свободные от него и т.д. Более того, оказалось, что не только виды одного рода, но и других родственно близких родов и даже семейств повторяют одни и те же ряды изменчивости. Отсюда вытекли работы по иммунитету [1].

Его увлечение проблемами иммунитета началось очень рано. Предполагается, что попытки найти характеристики иммунитета у растений возникли по аналогии еще и в связи с работами Ильи Ильича Мечникова, получившего в 1908 году Нобелевскую премию за фагоцитарную теорию иммунитета.

В 1911 году Илья Ильич посетил Россию, чтобы помочь и вести наблюдения над мировой проблемой – чумой, вспыхнувшей в астраханских степях. Приезд этот взбудоражил мыслящую – научную общественность страны. Ведь с именем Мечникова давно отождествлялась независимость мировой русской науки, ее гордость. Вавилова со школьных лет привлекала личность Мечникова. Он хорошо знал его биогра-

фию. Знал, что Мечников – великий ученый до мозга костей. Что он считает науку единственной силой, способной преобразить человеческое бытие. Хранил Н.И. у себя и его портрет... В последующем Н.И. Вавилов посвятил ему одну из своих работ, свою монографию по иммунитету у растений [3].

В Московском сельскохозяйственном институте Николай Иванович формировался как ботаник и иммунолог. Его увлекала проблема устойчивости и восприимчивости видов и сортов пшеницы всего рода *Triticum*, а также физиологические и генетические основы иммунитета. Н.И. Вавилов под руководством Д.А. Рудзинского с особым вниманием стал изучать коллекции пшеницы, ржи, ячменя и овса с целью выявления их иммунитета к различным паразитическим грибам, особенно к видам ржавчины и мучнистой росы [3].

Учитель Н.И. Вавилова Д.Н. Прянишников занимался агрохимической защитой растений, он и увлек Вавилова этой проблемой. Николай Иванович, чтобы не использовать химические средства защиты, начал искать и нашел у растений способность к самозащите, к самообороне от паразитов. Он первый ввел в генетику и систематику хлебных злаков новый критерий – иммунитет. Генетическую природу иммунитета он начал изучать с устойчивости хлебных злаков к паразитирующим грибам.

Еще будучи студентом, Н.И. Вавилов устанавливал филогенетическое положение вида растений в пределах рода и исследовал реакцию растений-хозяев разных видов на внедрение паразита. Таким методом можно было выяснить, является ли иммунным весь род или только определенные виды в пределах рода. А заодно может ли иммунитет служить видовым признаком. Сам он этим методом (по наличию устойчивого иммунитета к мучнистой росе – распространенному паразиту) определил новое положение одного сорта пшеницы в видовой систематике, отнес ее к мягким пшеницам и описал как другой вид. Позже оказалось, что описанная им пшеница действительно принадлежит к новому, ранее не описанному виду. Определена в результате работ по иммунитету и роль паразитов. У них тоже есть несколько рас. Выяснилось, что паразиты биологически специализированы по видам и сортам растений. Так Вавилов подошел к понятию иммунитета, связанного с материалом наследственности. Растение устойчиво, если у него на данного паразита стойкий естественный иммунитет. И либо паразит погибает, либо меняется неузнаваемо для растения, и тогда растение отвечает ему новым, уже не генетическим, а благоприобретенным иммунитетом. Таким образом, впервые происходит конкурентная эволюция хозяина и паразита – то что сейчас модно – коэволюция. В процессе своих исследований Н.И. Вавилов обнаружил, что если он знает устойчивость одного сорта пшеницы к паразиту, то он может, часто



успешно, прогнозировать устойчивость к нему другого сорта, близкому по происхождению к первому. Так начинался сбор экспериментальных данных для того направления, которое в последующем получило название «закона гомологических рядов в наследственной изменчивости» [1].

Вавилов способствовал устранению из селекции принятого в агрономической литературе воззрения на паразитизм как просто на патологическое состояние. Считая, что это воззрение отжило свой век, Вавилов поддержал новое представление о паразитизме как взаимоотношении двух организмов, не укладывающемся в рамки обычных патологических процессов. Вслед за А.А. Еленкиным (1907), он отметил отсутствие резкой границы между симбиотическими, мутуалистическими отношениями и паразитизмом. Появление гриба на растении расценивалось им как начало «сложных взаимных реакций двух организмов, в которых определяющая роль, наряду с внутренними наследственными факторами, свойственными индивидуальностям хозяина и паразита, принадлежит также условиям внешней среды» [3].

На ранних этапах своей научной деятельности обнаружилась свойственная Н.И. Вавилову научная интуиция. По двум-трем колосьям случайного образца, например, Вавилов предугадал существование особого вида, хотя в пользу этого имелось еще тогда мало конкретных фактов. Прежде всего, он ничего не знал о географическом распространении, ареале вида, но был уверен, что таковой существует. Это произошло во время анализа многих тысяч образцов пшеницы на полях Селекционной станции при МСХИ. Вавилов обнаруживает исключительно стойкий против поражения мучнистой росой образец пшеницы, имевший по каталогу № 173 под названием «Persischer weizen» (персидская пшеница), полученный от немецкой фирмы «Гааге и Шмидт» в Эрфурте (Германия). В этой пшенице соединялись некоторые признаки твердых и мягких сортов, и она совершенно по-своему реагировала на заболевания. И эта особенность показалась Вавилову такой существенной, что он решил, что имеет дело с новым видом пшеницы. Как выяснилось, фирма сама получила семена в 90-х гг. XIX века от московской семенной фирмы Иммер. Исключительный иммунитет персидской пшеницы, по которому она резко выделяется из всех мягких пшениц, заставляет Н.И. Вавилова искать для нее особое филогенетическое место среди видов пшеницы. С этой целью были начаты и длительное время продолжались циклические скрещивания персидской пшеницы с 42-, 28- и 14-хромосомными видами пшеницы. Исследования потомства гибридов, начатые в МСХИ, продолжались в дальнейшем и в Саратове. До исследований Н.И. Вавилова персидскую пшеницу относили к одной из разновидностей мягкой пшеницы *Triticum vulgare* var. *fuliginosum* Al. Однако, исследования ци-

тологов (А.Г. Николаевой, Л.Н. Делоне) показали, что диплоидное число хромосом у персидской пшеницы равно 28, тогда как у мягкой – 42. Кроме того, имелись и другие морфологические признаки, отличающие ее от мягкой. Вследствие этого Н.И. Вавилов в 1918 г. выделил персидскую пшеницу в особый вид, сохранив за ней то же самое название *Triticum persicam* Vav. [3].

Благоприятная для исследований обстановка сильно облегчила Н.И. Вавилову выполнение стоящей перед ним задачи – начать наблюдения над огромным количеством коллекционных делянок овса и пшеницы, по выявлению степени поражаемости овса корончатой ржавчиной (*Puccinia coronifera* Kleb.) и линсейной ржавчиной (*P. graminis* Pers.), а пшеницы – бурой ржавчиной (*P. triticea* Erikss) и мучнистой росой (*Erisiphe graminis* DC.). Эксперименты проводились также над небольшими коллекциями ячменя и ржи, но они не были включены в опубликованную позднее сводку. Исследования, связанные с проблемой иммунитета растений, Н.И. Вавиловым наиболее интенсивно велись именно в период его пребывания в МСХИ до осени 1917 г. Количество образцов пшеницы и овса достигало полутора тысяч, а количество экспериментальных делянок, доходило до нескольких тысяч. Все необходимые наблюдения велись самим Н.И. Вавиловым и под его руководством и строгим контролем О. В. Якушкиной. Результаты их были опубликованы в 1913 г. в работе «Материалы к вопросу об устойчивости хлебных злаков против паразитических грибов» и «Очерк современного состояния учения об иммунитете хлебных злаков к грибковым заболеваниям», в 1914 г. – «Immunity to fungous diseases as a physiological test in genetics and systematics, exemplified in cereals» и в 1919 г. – «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям» [3]. В дальнейшем, в 30-х годах, Н.И. Вавилов вновь вернулся к этой проблеме.

Уже в самом начале своей работы в области иммунитета он учитывал связь явлений иммунитета с генетикой [1]. В 1911 г. Н.И. Вавилов опубликовал на английском языке статью об иммунитете к грибным заболеваниям как физиологическом тесте в генетике и систематике. В ней, в частности, говорилось: «Основная идея взаимосвязи иммунитета и генетики очевидна...» (Вавилов, 1911, с. 121). Грибы и других паразитов, устойчивость к ним растений Вавилов предлагал использовать в исследованиях по оценке близости растений по происхождению и систематике в качестве тестов. При этом он ссылался на работы Р. Биффена и Г. Нильсон-Эле, в которых доказывалось, что иммунитет и восприимчивость к грибным болезням, как и другие признаки, подчиняются законам Менделя [3].

Осенью 1914 г. Н.И. Вавилов сдает магистерские экзамены, представив большую сводку по прививкам. В этом же году он заканчивает капитальную работу «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям» и представляет ее в качестве диссертации. В ре-

зультате этого исследования была установлена классификация видов иммунитета, вскрыты закономерности в распределении иммунитета у растений, а также его генетическая природа. Постепенно, идя от растения к растению, от одного вида грибов к другому, разработал Вавилов физиологическую, как он назвал, а правильнее – генотипическую теорию растительного иммунитета, как назвал её впоследствии П.М. Жуковский.

Поражает огромный охват культур, привлеченных Н.И. Вавиловым для изучения этого сложного явления: только хлебные злаки были представлены 650 сортами пшеницы и 350 сортами овса, а, кроме того, еще бобовые, огородные культуры, лен и др. Наряду с описанием поражаемости различных сортов проводился гибридологический анализ иммунных и поражаемых сортов, выявлялись их анатомические и физиологические особенности. Результаты этих разносторонних исследований с широким использованием эксперимента были обобщены в монографии «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям» (1919). В этой работе впервые в мировой науке были экспериментально доказаны генетические основы иммунитета растений. Это было крупнейшее открытие, благодаря которому Вавилов вошел в число ведущих биологов мира. Оно предоставило селекционерам возможности направленного выведения сортов, устойчивых к заболеваниям и вредителям.

За научно-исследовательские работы в области иммунитета, происхождения культурных растений и открытие закона гомологических рядов в дальнейшем Н.И. Вавилову присуждена премия им. В.И. Ленина (1926), за исследования в Афганистане в труднейших условиях – золотая медаль им. Н.М. Пржевальского, за географический подвиг; за работы в области селекции и семеноводства ему присуждена Большая золотая медаль ВСХВ (1940 – год ареста).

Уже к 1917 г. Н.И. Вавилов – прирожденный научный лидер, деятельность которого в дальнейшем уже невозможно рассматривать вне научного окружения, вне сформировавшегося вокруг него коллектива учеников и соратников, выполнявших его планы и сохранивших его научное наследие. МСХИ стал мал для его работы...

В выборе для продолжения работы в Саратове важнейшую роль сыграло то обстоятельство, что основным объектом вавиловских исследований была пшеница, а юго-восток России – один из основных районов ее произрастания и изучения. Свою вступительную лекцию («кредо агронома-ботаника») на Саратовских высших сельскохозяйственных курсах он назвал «Современные задачи сельскохозяйственного растениеводства». В начале вступительной лекции, останавливаясь на истории агрономической науки последних 10–15 лет, Н.И. Вавилов констатировал, что основное внимание исследователей, как в России,

так и на Западе, было направлено преимущественно в сторону изучения условий произрастания сельскохозяйственной культуры, условий питания растений. Вместе с тем с начала XX века углубляется изучение самих растений, создается по существу самостоятельная дисциплина – селекция, «изучающая вопросы сортоведения и сорта выведения». Именно благодаря работам Н.И. Вавилова среди агрономических специальностей возникла новая – селекционер.

Выступая в 1909 г. на столетнем юбилее Ч. Дарвина, известный английский генетик У. Бетсон, которого Н.И. Вавилов считал одним из своих учителей, говорил: «Больше всего мы будем ценить в нем, в Дарвине, не его личные заслуги, а творческую силу, с помощью которой он положил начало целому ряду открытий – бесконечному по разнообразию и протяженности». Эти же слова можно с полным основанием отнести и к Н.И. Вавилову. Открытый им закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, теория естественного иммунитета растений к инфекционным заболеваниям и учение о центрах происхождения культурных растений, ботанико-географические и экологические основы селекции, разработанные Н.И. Вавиловым, не только на многие десятилетия определили стратегию научного поиска в области генетики селекции, растениеводства, земледелия, сельскохозяйственной экологии и в других областях знаний, но и еще раз доказали, что нет ничего практичнее хорошей теории. Более того, вся история развития сельского хозяйства в мире, и особенно в нашей стране, многократно доказала пагубность подмены широкого научного базиса сиюминутным узким прагматизмом и всякого рода «целесообразностью» (политической, экономической и пр.).

В Саратове Вавилов подвел итог своих исследований по иммунитету в Петровке – МСХИ в работе «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям». Первоначально эта работа была опубликована в Известиях Петровской академии в 1918 г., а затем вышла отдельным изданием в 1919 г. [1, 3]. Сам Н.И. Вавилов, как уже и отмечалось, посвящает свою первую крупную публикацию И.И. Мечникову, от которого он взял его идеологию. И впервые именно Н.И. Вавилов акцентировал внимание на отличия иммунитета животных и растений, отмечая, что растения отличаются тем, что у них, в общем, отсутствует приобретенный иммунитет (адаптивный, как теперь его обозначают), а присутствует то, что теперь получило название врожденный иммунитет, или, как его определял Н.И. Вавилов – «механический». Р.Э. Регель, характеризуя работу Н.И. Вавилова, пишет: «По вопросам иммунитета работали за последние 20 лет очень многие и выдающиеся ученые почти всех стран света, но можно смело утверждать, что еще никто не подходил к разрешению этих сложных вопросов с той широтой взглядов при всестороннем освещении вопроса, с какой к

нему подходит Н.И. Вавилов. Постепенно подготавливаемый им к печати обширный труд по иммунитету явится, несомненно, выдающимся трудом, делающим честь русской науке в среде научной коллегии ученых всего мира».

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Вавилов Н.И.** Иммуни́тет растений к инфекционным заболеваниям. М.: Тип. Рябушинских, 1919. 240 с. (Изв. Петр. с.-х. акад., 1918; Вып. 14).
2. **Глазко В.И., Глазко Т.Т.** Генетически модифицированные растения, их появление и проблемы // Вестник РАЕН. 2014. Т. 14. №1. С. 86–92.
3. **Глазко В.И.** Николай Иванович Вавилов и его время. Путь на Олимп (Хроника создания и распада СССР)» М.: Из-во «НЕФТиГАЗ», 2013г., 550 с.
4. **Глазко В.И.** Н.И. Вавилов и его время. Путь на Голгофу (Хроника создания и распада СССР). М.: Изд-во «НЕФТиГАЗ», 2014. 620 с.
5. **Колчинский Э. И., Лебедев Д.В.** Джордано Бруно XX века // Выдающиеся отечественные биологи. Вып. 1. СПб., 1996. С. 29–44.
6. **Левина Е.С.** Вавилов, Лысенко, Тимофеев-Ресовский... Биология в СССР: история и историография. М., 1995;
7. **Левина Е.С.** Трагедия Н.И. Вавилова // Репрессированная наука. Л., 1991. Вып. I. С. 223–239.
8. Мужество академика Д.Н. Прянишникова // Вестн. РАН. 1992. № 9. С. 128–137.
9. **Резник С.Е.** Николай Вавилов. М.: «Молодая гвардия» (серия ЖЗЛ), 1968.
10. Студенческий и экскурсионный дневники Н.И. Вавилова: воспоминания, материалы, очерки // сост.: Палимпсестова О.А., Дубровина Н.И., Стуков В.И. ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2007. 232 с.
11. **Чешко В.Ф., Глазко В.И.** Август – 48. Феномен «пролетарской науки» (научное киллерство, к истории советской генетики, к феномену распада СССР): Монография. М.: Изд-во «НЕФТиГАЗ» 2013. 385 с.

---

**Глазко Валерий Иванович,**  
д.с.-х.н., профессор, академик РАН (иностраный член),  
ведущий сотрудник Центра экспериментальной эмбриологии и репродуктивных биотехнологий, зав. Центром нанобиотехнологий Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева

☎ 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49,  
49, ul. Timiryazevskaya, Moscow, 127550  
тел.: +7 (916) 145-38-60, e-mail: vigvalery@gmail.com

# ДЕЛЕГАЦИЯ УНИВЕРСИТЕТА ДОЛИНЫ ЮТА В МОСКВЕ

С 24 июля по 1 августа в Москве по приглашению РАЕН находилась делегация Университета Долины Юта (УДЮ) (США) в составе двух преподавателей д-ра Лина Ингланда, д-ра Бактыбека Абдрисаева и шести студентов различных специальностей.

РАЕН и УДЮ связывают почти 15 лет сотрудничества. Среди сотрудников Университета два действительных члена РАЕН д-р. Б. Абдрисаев доцент и вице-президент УДЮ д-р. Расти Батлер.

Д-р. Бактыбек Абдрисаев к.ф.м.н работал в в Киргизском политехническом институте под руководством академика Аскара Акаева – в последствии первого президента независимого Кыргызстана. С 1991 г. по 2005 г. Чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Кыргызстан в США. После переворота в Бишкеке (революции тюльпанов) он с семьей вынужден был остаться в США.

Д-р. Расти Батлер работал в Государственном Департаменте США, активно сотрудничал с российскими организациями. По инициативе мэра Москвы Ю.М. Лужкова был создан Институт Юта-Москва, который возглавил Р. Батлер. Многие годы Д-р. Батлер являлся Почетным консулом РФ в штате Юта (до 1914 г., когда правительство США приостановило деятельность почетных консулов).

Российская академия естественных наук с середины 90 годов является членом ECOSOC (Экономический и Социальный Совет ООН). В 2014 г. РАЕН восстановила и активизировала свое членство в этой организации.

Уставом Организации Объединённых Наций ЭКОСОС учреждён в качестве главного органа, отвечающего за координацию деятельности 15 специализиро-

ванных учреждений ООН, девяти функциональных комиссий и пяти региональных комиссий в экономической и социальной сфере. Совет является также центральным форумом для обсуждения международных экономических и социальных проблем и выработки рекомендаций в отношении политики для государств-членов и системы Организации Объединённых Наций, получая доклады от 11 фондов и программ ООН.

В сферу деятельности Экономического и Социального Совета входят:

- содействие экономическому и социальному прогрессу, в том числе повышению уровня жизни и полной занятости населения;

- выработка способов разрешения международных проблем в экономической и социальной областях и в области здравоохранения;

- содействие международному сотрудничеству в сфере культуры и образования;

- создание условий для всеобщего уважения прав человека и его основных свобод.

РАЕН имеет один из высших статусов в ECOSOC – консультативный. Благодаря активной деятельности Р. Батлера и Б. Абдрисаева ежегодно от РАЕН вносятся предложения, которые озвучиваются с трибуны ООН и зафиксированы в официальных документах и публикациях, которые хранятся в библиотеке Конгресса США. К данной деятельности активно привлекаются студенты Университета Долины Юта.

Это является примером активной деятельности и плодотворного сотрудничества РАЕН за рубежом.

Р. Батлер неоднократно посещал президиум РАЕН, участвовал в торжественных юбилейных меро-

приятиях академии в 2015 г. Университет Долины Юта участвовал в 2018 г. в международном экологическом конкурсе EcoWorld.

Целью настоящей поездки делегации из Юты является многостороннее знакомство с РАЕН, ведущими московскими университетами, жизнью россиян, историей и культурой нашей многонациональной страны.

С учетом запросов американской стороны РАЕН подготовила интересную и исключительно насыщенную программу.

В первый день в РАЕН Л.В. Иваницкая Первый вице-президент-Главный ученый секретарь рассказала о деятельности академии, ее истории и задачах. Советник академии Г. Утямышева сделала сообщение о роли женщин в истории России. Член Президиума РАЕН И. Утямышев рассказал историю взаимоотношений РАЕН и УДЮ.

Л.В. Иваницкая вручила д-ру Б. Абдрисаеву диплом и медаль Н. Моисеева за участие в конкурсе EcoWorld 2018. Члены американской делегации с большим интересом выслушали представленные доклады.

Затем группа посетила Постоянное Полномочное представительство Республики Татарстан в РФ. Гостям была представлена информация о Татарстане – одном из ведущих экономических регионов России. Динамичное развитие промышленности и сельского хозяйства республики, активная культурная жизнь – яркий показатель дружбы народов России. Затем делегация побывала в Татарском культурном центре г. Москвы, где ознакомилась с историей Татарстана, жизнью татарской общины.

Студенты и преподаватели УДЮ посетили Российский Го-

сударственный гуманитарный университет (РГГУ), Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Российский государственный аграрный университет – Российскую сельскохозяйственную академию им. К.А. Тимирязева (РГАУ), ознакомились с замечательной историей университетов, их структурой и учебными программами.

Особый интерес вызвал доклад вице-президента РГГУ В. Заботкиной о международных программах и проектах университета.

В МГУ с музеем Земли гостей ознакомил чл.-корр. член РАЕН Ю.А. Гатовский. С высоты птичьего полета 36 этажа Главного здания МГУ студенты обзревали панорамы Москвы.

В РГАУ действительный член РАЕН В.И. Глазко сделал доклад на необычную интересную тему «Популяционные генетические особенности геномной организации domesticированных видов». В музее почвоведения университета гости узнали о деятельности своего соотечественника профессора В. Вильямса, который на протяжении многих десятилетий работал в Тимирязевской академии и развил направление почвоведения.

В Институте океанологии РАН научный руководитель Института, член Президиума РАН, действительный член РАН и РАЕН Р.И. Нигматулин ознакомил гостей с проблемами и задачами современной океанологии, результатами исследований.

Хотелось бы отметить высокую активность студентов, о чем свидетельствует их неподдельный интерес и множество задаваемых вопросов.

За время пребывания американской группе удалось совершить невероятное: побывать в Московском Кремле, посетить Оружейную палату, Алмазный фонд, Мавзолей В.И. Ленина и побывать у Кремлевской стены, где захоронены известные люди страны, ознакомиться с экспозицией Исторического музея,

Третьяковской галереи, Государственного музея изобразительных искусств им. А.С. Пушкина, Музея космонавтики, музея Великой Отечественной войны, быть свидетелями смены караула у могилы Неизвестного солдата в Александровском саду.

Гостей поразили масштабы и уникальность московских музеев, содержательность и глубина экспозиций, что явилось культурно-историческим экскурсом в знакомство с нашей страной. Многое увиденное стало поистине открытием для студентов. Прежде всего это история Второй мировой войны, цифры потерь нашей страны и народа и итоговый вклад Советского Союза в Великую Победу, что принципиально отличается от представлений сегодняшних дней на Западе. Большой интерес вызвали наши успехи в освоении космоса, международное сотрудничество в этой области, исторический первый совместный полет «Союз-Аполлон» в 1975 г. Обилие информации и новых впечатлений, полученных в музеях напоминало прохождение интенсивного курса лекций в университете.

Приятное впечатление на американцев произвели ВДНХ и культурно-исторический парк Коломенское, которые поразили своими сооружениями, историческими памятниками, грандиозными фонтанами, обилием зелени и цветов. Редкая солнечная погода в июле этого года благоприятствовала прогулкам по паркам.

Следует отметить, что покупая сувениры, помимо традиционных матрешек американские гости интересовались историческими реликвиями, связанными с Великой Отечественной войной и основными историческими этапами развития нашей страны. На вернисаже «Измайлово» они с интересом познакомились с символикой СССР, нумизматикой (монеты, юбилейные медали) и предметами недавней старины.

В программу поездки входило также изучение религиозной жизни многоконфессиональной России. Группа посетила монументальный Храм Христа Спасителя, Храм Иисуса Христа святых последних дней, Московскую Соборную мечеть. В мечети была организована экскурсия, гости поднялись на минарет. Затем за столом с татарскими национальными блюдами заместитель председателя Духовного управления мусульман РФ – заместитель председателя Совета Муфтиев России Ф. Фарисов рассказал об особенностях ислама в России, история которого насчитывает более 1000 лет.

Российскому исламу, сохранившемуся в первоначальном виде, чужды всякие жесткие нововведения. Татарские исламские просветители на протяжении многих веков вели просветительскую работу на всем ареале Российской империи. И сегодня неопределима роль Духовного управления в воспитании верующих в духе дружбы, веротерпимости и противодействия проявлениям экстремизма.

Каждый раз, находясь в центре Москвы, студенты устремлялись на Красную площадь, которая стала для них, своего рода, сакральным местом. Следует отметить, что многие из студентов много знают о России и ее истории. Самый младший из студентов, которому 19 лет увлекается русской классической литературой, особенно Достоевским, любит музыку П.И. Чайковского.

Члены делегации Университета Долины Юта выразили искреннюю благодарность Президиуму РАЕН за радушный прием, организацию поездки и полученные яркие впечатления о нашей стране, ее открытых и доброжелательных людях.

**И. Утямышев,  
д.т.н, член Президиума  
РАЕН**

## ВИКТОРУ АБРАМОВИЧУ ЗУЕВУ – 90 ЛЕТ



Виктор Абрамович Зуев родился в 1929 г. в г. Москве в семье врача. В связи со смертью матери в 5-летнем возрасте попал в детский дом, а позднее был отправлен в деревню к тётке – сельской учительнице. В детстве Виктор Абрамович мечтал об авиации, во-первых, потому, что еще в деревне наблюдал как катают на самолете передовых колхозников, а позднее в школе активно занимался в кружке авиамоделизма, которым, кстати сказать, руководил старшеклассник Андрияша Туполев.

Во время Великой отечественной войны в 1944 г., будучи учеником 8 класса, в течение нескольких месяцев работал санитаром в военно-санитарном поезде № 188, и в связи с длительным отсутствием в Москве был исключен из школы. По окончании средней школы в 1947 г. Виктор Абрамович поступил на лечебный факультет 2 Московского государственного медицинского института, где, начиная с 3 курса (1949), работал в студенческом кружке при кафедре микробиологии, которую возглавлял академик В.Д. Тимаков. Здесь, будучи студентом, он опубликовал

в «Журнале микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии» свою первую научную работу. В этот же период студенчества он впервые переступил порог НИИЭМ им. Н.Ф. Гамалеи и несколько месяцев работает на его базе в связи с тем, что аппарат, на котором работал Виктор Абрамович, временно был предоставлен кафедрой в лабораторию проф. П.В. Смирнова. По инициативе В.Д. Тимакова на 6 курсе с группой кружковцев Виктор Абрамович проходил годичную субординатуру по микробиологии и после окончания 2 МГМИ в 1953 г. направлен врачом-бактериологом СЭС на строительство Сталинградской ГЭС (поселок Волжский, ныне город Волжский).

Проработав год, он поступил в аспирантуру в отдел вирусов Московского НИИ вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова, где под руководством проф. Л.И. Фалькович защитил кандидатскую диссертацию «Значение клеточных реакций в иммунитете при экспериментальном гриппе». Затем Виктор Абрамович в должности младшего научного сотрудника продолжил работать в этом же отделе, но уже под руководством профессора С.С. Маренниковой в 1960 г. активно участвовал в ликвидации вспышки натуральной оспы в г. Москве, когда он установил микроскоп ак. АМН СССР М.А. Морозову и под его диктовку написал докладную Министру здравоохранения СССР С.В. Курашову: «В препарате больного Т. обнаружены тельца Пашена». На следующий день Виктор Абрамович добровольно направил в городскую клиническую больницу им. Боткина, где в течение 5 часов собирал инфекционный материал от больных.

В 1960 г. В.А. Зуева перевели из НИИВС им. И.И. Мечникова на должность младшего научного сотрудника в НИИЭМ им.

Н.Ф. Гамалеи АМН СССР, где Виктор Абрамович быстро включился в исследования, связанные с бактериальными вирусами (бактериофагами). После защиты в 1968 г. докторской диссертации «Литические реакции, вызываемые бактериальными вирусами» он приступил к исследованию скрытых вирусных инфекций на модели вируса гриппа.

Начинал Виктор Абрамович с должности младшего научного сотрудника, через 4 года переведен на должность старшего научного сотрудника, с 1974 по 2008 гг. – зав. лабораторией микробиологии латентных инфекций, и параллельно, с 1997 по 2009 гг., руководил отделом медицинской микробиологии. В настоящее время он главный научный сотрудник отдела медицинской микробиологии.

Д.м.н. Виктор Абрамович Зуев относится к одним из наиболее ярких представителей медицинской науки, работающий в области общей теории инфекционных заболеваний. Высокой оценки заслуживают исследования в области прионов и факторов старения. Фундаментальные исследования В.А. Зуева всегда имеют практическую направленность, поэтому так велик интерес врачей к его публикациям и выступлениям. Виктор Абрамович замечательный лектор, обладающий поразительной способностью просто и доходчиво говорить о самых серьезных и сложных проблемах медицины.

Профессор В.А. Зуев является ведущим специалистом в России и одним из крупнейших в мире по проблемам латентных и медленных вирусных инфекций. В 1977 г. им в соавторстве с В.Д. Тимаковым опубликована книга «Медленные инфекции», вскоре переведенная на английский язык («Slow virus infections» 1980). Он впервые описал

латентную гриппозную инфекцию в клеточных культурах и вскрыл ее механизм, впервые доказал возможность формирования латентной гриппозной инфекции в организме млекопитающих всеми известными в природе путями: после перенесенного заболевания, благодаря иммунизации живым вирусом и в результате вертикальной (от матери к плоду) передачи вируса. Им открыто ранее неизвестное свойство вируса гриппа – вызывать в результате внутриутробного заражения плода развитие у потомства медленной гриппозной инфекции и раскрыт механизм ее развития, механизм повреждающего действия вируса на клетки организма, за что в 1992 г. получен диплом № 383 на открытие «Свойство вируса гриппа вызывать у потомства млекопитающих медленную инфекцию». За монографию «Медленные вирусные инфекции человека и животных» Президиумом Академии медицинских наук СССР ему присуждена премия им. Д.И. Ивановского.

В.А. Зуевым на основании сравнительных исследований механизмов формирования некоторых медленных инфекций и процесса естественного старения экспериментально доказан механизм старения, при котором в мозге стареющих млекопитающих накапливается фактор, резко стимулирующий пролиферацию

клеток соединительной ткани мозга (глии), что и является причиной уничтожения нейронов, старения и гибели мозга. Эти данные были подтверждены результатами опытов по ускоренному искусственному старению молодых животных, что вызвало большой интерес в России и за рубежом. Обнаруженный цитопролиферативный фактор был обозначен как «фактор старения». Виктор Абрамович разработал оригинальный прижизненный метод определения фактора старения в крови людей и получил патент на изобретение в 2003 г., а на основании цикла проведенных исследований получил диплом на открытие «Явление накопления в организме млекопитающих фактора старения» (2005). В.А. Зуеву удалось обнаружить вещество, заметно снижающее уровень фактора старения, что приводит к значительному увеличению продолжительности жизни млекопитающих.

В.А. Зуев является автором более 200 работ, в числе которых 2 диплома на открытия, 3 патента, 2 авторских свидетельства, 6 монографий, 2 научно-популярные книги, 2 главы – в учебнике микробиологии и в руководстве по эпидемиологии инфекционных заболеваний. Под его руководством защищены 1 докторская и 8 кандидатских диссертаций. В.А. Зуев является членом редколлегии

журнала «Вопросы вирусологии». Он награжден значком «Отличнику здравоохранения», серебряной медалью им. П.Л. Капицы «Автору научного открытия», серебряной и золотой медалями Петра 1 «За заслуги в деле возрождения науки и экономики России», медалями В.И. Вернадского, И.И. Мечникова и И.П. Павлова, знаком «За заслуги в развитие науки и экономики России», орденом «Рыцарь науки и искусства», именными медалями зарубежных академий – Рудольфа Вирхова, Пауля Эрлиха, Роберта Коха. В 2009 г. ему было присуждено почетное звание «Заслуженный деятель науки РФ».

Виктор Абрамович – один из основателей Российской академии естественных наук (РАЕН), и в процессе становления и развития нашей академии он четырежды был председателем избирательной комиссии. В течение 14 лет В.А. Зуев работал главным редактором журнала «Вестник РАЕН». В настоящее время он является Почетным вице-президентом РАЕН и академиком-секретарем «Отделения микробиологии, вирусологии и прионных болезней» Биомедицинской секции РАЕН.

Президиум РАЕН и редколлегия журнала поздравляют Виктора Абрамовича со знаменательным юбилеем и желают ему крепкого здоровья, оставаться всегда жизнерадостным и позитивным человеком.

## АНАТОЛИЮ ДМИТРИЕВИЧУ ГРИДИНУ — 85 ЛЕТ

21 июня 2019 года исполнилось 85 лет действительному члену РАЕН Анатолию Дмитриевичу Гридину, кандидату технических наук, профессору Московской академии государственного и муниципального управления, Российской

академии государственной службы при Президенте Российской Федерации.

Анатолий Дмитриевич – специалист по проблемам охраны труда. Имеет многолетний опыт работы в области безопасности и охраны

труда на производстве, а также в качестве преподавателя ВУЗов, организатора и руководителя учебных центров по охране труда. Включен в Словарь-справочник лучших специалистов по охране труда России (2006–2007 гг.).



Является автором более 160 научных, учебно-методических разработок и публикаций, в том числе ряда пособий и книг по технологической подготовке производства, охране труда, пожарной безопасности, созданию и контролю оптимальных условий труда на предприятиях гостиничной сферы.

Анатолий Дмитриевич закончил Пензенский политехнический институт с присвоением квалификации инженера-механика.

Производственная деятельность всегда была связана с технологической подготовкой производства, охраной труда и техникой безопасности. Работая в Пензенском политехническом институте доцентом и одновременно занимаясь научно-исследовательской работой, защитил диссертацию на соискание ученой степени к.т.н.

Новый метод высококачественной обработки деталей, разработанный в диссертации, был внедрен на различных промышленных предприятиях. По этому методу было опубликовано 15 печатных работ, в том числе монография «Финишная обработка деталей плотным потоком свободного абразива».

С 1978 г. работает Анатолий Дмитриевич в Москве в Центральном институте повышения квалификации руководящих работников

и специалистов Министерства тяжелого и транспортного машиностроения в должности доцента, декана факультета «Повышения квалификации руководящих работников и специалистов без отрыва от производства». Ведет учебные направления: «Охрана труда и техника оезопасности», «Охрана окружающей среды» – для руководителей высшего звена. А.Д. Гридин член секции «Машиностроение» научно-методического Совета по проблемам повышения квалификации. Им разработано и опубликовано около 50 работ (учебные пособия, методические указания, практические рекомендации, статьи). Некоторые из них:

— «Методические рекомендации по подготовке и организации повышения квалификации специалистов отрасли без отрыва от производства».

— «Методическое руководство и контрольные вопросы программированного безмашинного входного контроля знаний по охране труда и технике безопасности для различных категорий специалистов, обучающихся без отрыва от производства».

— «Борьба с шумом и вибрацией на машиностроительных предприятиях отрасли».

— «Экологические проблемы охраны окружающей среды на предприятиях тяжелого и транспортного машиностроения».

За плодотворную работу в системе повышения квалификации кадров, а также организаторскую и преподавательскую деятельность по охране труда неоднократно награждался почетными грамотами министерства.

Профессор Гридин входил в состав группы государственного инспектирования учебно-методического Управления Минвуза СССР. Был председателем редакционно-издательской группы секции «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» НМС по проблемам повышения квалифи-

кации руководящих работников и специалистов.

Профессор Гридин является руководителем регионального Центра по охране труда УПЦ «Талант» г. Мытищи МО. Главным специалистом по охране труда производственного предприятия «Компания Спец-Защита» г. Москва.

Гридин Анатолий Дмитриевич – декан факультета «Подготовки муниципальных служащих, руководящих работников и специалистов народного хозяйства» и руководитель учебного Центра «Безопасность и охрана труда» Московской академии государственного и муниципального управления Российской академии государственной службы при Президенте Российской Федерации. .

В течение всей педагогической и руководящей деятельности в области охраны труда А.Д. Гридин систематически участвует в работе международных конгрессов, симпозиумов, конференций, семинаров и выставок по распространению передового опыта по охране труда. Участвует в разработке различной печатной информационной документации по охране труда.

В настоящее время научный консультант секции «Экономика и социология» РАЕН, принимает участие в деятельности Межрегиональной общественной организации специалистов по охране труда. Консультирует предприятия и организации по вопросам охраны труда, а также работает над изданием учебно-производственной литературы по проблемам охраны труда.

Президиум РАЕН поздравляет Анатолия Дмитриевича с юбилеем, желает здоровья и творческих успехов.



## ПААТЕ ДЖАМЛЕТОВИЧУ КЕРВАЛИШВИЛИ – 70 ЛЕТ



П. Кервалишвили родился 17.09.1949 в г. Тбилиси, Грузия. учился в Московском инженерно-физическом институте. Д.ф.-м.н. Профессор департамента физики Грузинского технического университета и приглашенный профессор факультета точных и естественных наук Тбилисского государственного университета. президент Грузинской академии естественных наук, председатель совета отделения Евросайенс в Грузии. 1971–1975 гг. директор Института стабильных изотопов (Тбилиси); 1975–1981 гг. работал в Гиредмете (Москва); 1982–1991 гг. начальник отдела Института атомной энергии им

И. Курчатова; 1985–1991 гг. профессор МИФИ.

С 1988 года профессор инженерно-физического факультета Грузинского политехнического института (университета). Также с 1998 года профессор факультета точных и естественных наук Тбилисского государственного университета.

В 1994–1999 гг. годах работал в правительстве Грузии (госсекретарь Государственного комитета по науке и технологиям, помощник Президента в области науки и техники).

Научные интересы: физика конденсированных сред, молекулярная и квантовая физика, ядерные и лазерные технологии, новые материалы, сенсорные энергетические системы, информационные технологии. Ученый с мировым именем в области технической физики, ядерных и изотопных технологий, а также современной физики конденсированного состояния. В последние годы активно занимается нанотехнологиями, квантовой информатикой, микро- и наносенсорными системами. Провел ряд пионерских исследований в области изотопного материаловедения, а также размерных и квантовых эффектов в твердом теле. Директор и координатор проектов (более

70) Всемирного банка, ЕС, МНТЦ, УНТЦ и председатель международных форумов и конференций (более 60), профессор европейских и американских университетов.

Автор более 450 научных публикаций, книг, в том числе изданных в ИОС Пресс, Пергамон Пресс, Шпрингер, 35 изобретений и патентов. Лауреат Премии Ленинского комсомола в области науки и техники 1978 года – за цикл работ по созданию и исследованию новых полупроводниковых материалов на основе легированных германия и кремния и Государственной премия СССР в области науки и техники 1983 года. Награжден Золотой медалью АН СССР (1979). В настоящее время является Президентом Европейской Средиземноморской академии искусств и науки (с 2009 г). Под его руководством регулярно проводятся международные конференции по сенсорам и нанотехнологиям, в которых РАЕН принимает активное участие.

Профессор Кервалишвили действительный член РАЕН и член редакционного совета журнала «Вестник РАЕН».

Президиум РАЕН от души поздравляет П. Кервалишвили с юбилеем и выражает самые добрые пожелания здоровья и больших творческих успехов.

## ВЛАДИМИРУ НИКОЛАЕВИЧУ АЛЕКСЕЕВУ – 65 ЛЕТ

26 июля исполнилось 65 лет Владимиру Николаевичу Алексееву, д.и.н., к.э.н., профессору председателю секции «Энциклопедические знания», члену Президиума РАЕН.

Владимир Николаевич Алексеев – профессор Московского городского университета управления Правительства Москвы, Заслуженный экономист РФ, Почетный работник высшего

профессионального образования РФ, член экспертного совета по экономике Межпарламентской ассамблеи государств-участников СНГ от Российской Федерации.



Свою научно-производственную деятельность Владимир Николаевич начал в 1985 г. в Саратовском НПО «Контакт», совмещая должность заместителя генерального директора по экономике с обучением в аспирантуре, где исследовал новые организационные формы финансового капитала в переходной экономике и защитил первую диссертацию в России по этому направлению. Выводы и научные положения, защищенные автором, нашли свое подтверждение в процессе формирования и развития холдингов, финансово-промышленных групп и госкорпораций РФ.

История и проблемы развития ВПК, в т.ч. неоднозначные отношения военно-технического сотрудничества с довоенной Германией, были раскрыты им в 8 монографиях, докторской диссертации, посвященных этой теме.

В настоящее время В.Н. Алексеевым завершается диссертационное исследование на соискание ученой степени доктора экономических наук на тему «Трансформация финансовой инфраструктуры России: теория и практика».

Стаж преподавательской работы В.Н. Алексеева более 30 лет, из которых свыше 16-ти он ведет преподавательскую и научную

деятельность в Московском городском университете управления Правительства Москвы. Где 9 лет руководил выпускающей кафедрой, многие выпускники которой успешно работают в органах исполнительной власти и субъектах хозяйствования Москвы.

Был основателем и научным руководителем научно-практической школы «Инвестиционный климат – международный финансовый центр», соорганизатором уникальной Международной бакалаврской программы «Двойного диплома» с Экономическим университетом города Праги, организатором и модератором ряда международных конференций.

Профессор Алексеев – автор и соавтор более 100 научных, учебных и учебно-методических трудов. Наиболее востребованными в педагогической и научно-практической деятельности монографии: «Инвестиционный климат и международный финансовый центр в Москве: тенденции и перспективы», «Финансовая инфраструктура России: проблемы развития в условиях глобализации», учебник «Финансовый менеджмент», учебное пособие «Формирование инвестиционного проекта и оценка его эффективности».

Владимир Николаевич – член редколлегий «Вестника Университета Правительства Москвы» и «Вестника РАЕН».

За активное участие в профессиональной, научной и финансово-экономической деятельности В.Н. Алексеев награжден медалью В.В. Леонтьева «За достижения в экономике», отмечен международной наградой «Факел Бирмингама» в номинации «Выживание в условиях кризиса», является Почетным профессором Академии государственного управления при Президенте Кыргызской республики, лауреатом конкурса «Грант Москвы в области науки технологий в сфере образования».

В 2015 г. за заслуги в области экономики и финансовой деятель-

ности, многолетнюю добросовестную работу Указом Президента РФ В.Н. Алексееву присвоено Почетное звание «Заслуженный экономист РФ».

В 2015–2016 гг. в рамках проекта «Развитие сотрудничества между кыргызским и российским научно-экспертным сообществом путем проведения научно-практических семинаров в области экономики и управления» при поддержке Евразийского банка развития, профессором В.Н. Алексеевым были подготовлены и проведены лекции и семинары для различных категорий госслужащих и научно-экспертного сообщества Кыргызской Республики в целях подготовки включения ее в ЕАЭС.

В.Н. Алексеев один из соорганизаторов Фестивалей финансовой грамотности в Москве.

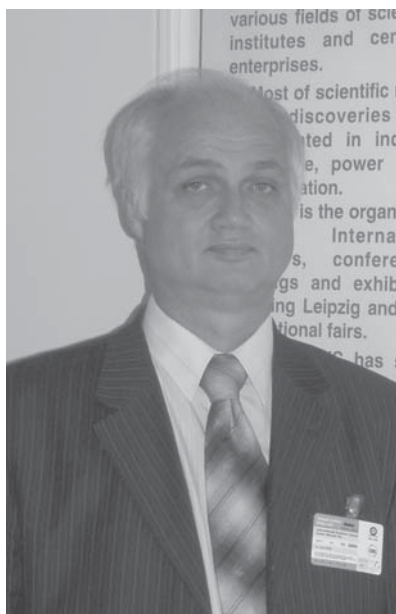
В.Н. Алексеев ведет большую общественную работу. С 1999 г. он – помощник депутатов ГД ФС РФ и эксперт по финансово-экономическим вопросам. В 2018 году выдвинут в состав экспертного совета по экономике Межпарламентской ассамблеи государств-участников СНГ от РФ.

Им обосновано новое направление в коммуникологии – финансовая коммуникология, основные положения и элементы понятийного аппарата апробированы на двух международных конференциях в 2018–2019 гг.

В.Н. Алексеев имеет заслуженную репутацию в научном и экспертном сообществах и неоднократно награждался Президиумом РАЕН, в т.ч. числе, присвоением звания «Рыцарь науки и искусств».

Президиум РАЕН поздравляет Владимира Николаевича с юбилеем и желает ему доброго здоровья и дальнейших свершений в научной и педагогической деятельности.

## ИЛЬДАРУ РУСТАМОВИЧУ УТЯМЫШЕВУ – 65 ЛЕТ



Утямышев Ильдар Рустамович, родился в г. Казани 9 сентября 1954 г. В 1977 г. окончил Московский физико-технический институт по специальности «Инженер-физик по радиоэлектронным устройствам», д.т.н., действительный член РАЕН

В 1978–1990 гг. работал во Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте источников тока (ВНИИТ) НПО «Квант» в должности начальника лаборатории, начальника проблемной лаборатории.

1980–1984 гг. возглавлял лабораторию визуализации медицинских изображений (ВНИИИМТ). Ведущий эксперт по средствам визуализации медицинских изображений Координационного центра СЭВ по развитию медицинской техники.

Руководитель международных проектов с советской стороны в области голографии в медицине, голографических систем трехмерного отображения для рентгено-

графии совместно с АО «Медикор» (Венгрия), автоматизированной многоцелевой аппаратуры для обработки фотоматериалов совместно с компанией «Kaupel Oy» (Финляндия).

И.Р. Утямышев участвовал в формировании долгосрочных целевых программ развития медицинской техники в СССР и СЭВ на 1980–2005 гг.

1990–1999 гг. генеральный директор института прикладных исследований. Под его научным руководством были разработаны специализированные опико-электронные и телевизионные системы, голографические системы записи информации.

1998–2002 гг. член Исполнительного комитета – региональный представитель от стран Центральной и Восточной Европы и СНГ во Всемирной ассоциации промышленных технологических научно-исследовательских организаций (WAITRO) под эгидой ООН.

2003–2004 гг. директор по международным инвестиционным программам Международного русско-американского института регулирования естественных монополий.

В 2005 г. – заместитель генерального директора Российского Союза энергоэффективности 2007–2009 гг. руководитель международных проектов Международного центра деловых контактов при Правительстве Москвы

2008–2014 гг. национальный эксперт UNIDO (Организация объединенных наций по промышленному развитию по энергоэффективности).

С 2006 г. – н/вр. ученый секретарь отделения «Научные основы регулирования естественных монополий» Российской академии естественных наук.

Научный руководитель и организатор многих российских промышленных выставок, семинаров и международных форумов за рубежом и в РФ, где РАЕН являлась официальным организатором. При его непосредственном участии образовано несколько зарубежных центров РАЕН. И.Р. Утямышев является координатором от РАЕН в ECOSOC (Организация объединенных наций по неправительственным организациям) и Соглашения с Университетом Западной Аттики (Греция) в рамках программы ER-ASMUS.

Ильдар Рустамович занимается активной общественной деятельностью: является ответственным секретарем Общества друзей Монголии, посланником Монголии в РФ по культуре, науке и образованию, ученым секретарем Российского отделения Европейской Средиземноморской академии науки и искусства.

Член редакционной коллегии журнала «Вестник РАЕН». Автор более 80 научных работ и изобретений, двух монографий, десятков публикаций в различных СМИ. Имеет награды РАЕН, правительства и национальной академии наук Монголии.

Президиум РАЕН от души поздравляет Ильдара Рустамовича с днем рождения и выражает самые добрые пожелания здоровья и больших творческих успехов.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**АЛЕКСЕЕВ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ** — д.г.-м.н., профессор кафедры палеонтологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, зав. лабораторией протистологии ПИН им. А.А. Борисяка РАН, главный редактор журнала «Вестник» РАЕН, Почетный работник сферы образования Российской Федерации

**ГЛАЗКО ВАЛЕРИЙ ИВАНОВИЧ** — д.с.-х.н., профессор, иностранный член РАН, зав. Центром нанобиотехнологии Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева, заместитель главного редактора журнала «Вестник РАЕН»

**ГОРБАЧЕВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ** — д.ф.-м.н., профессор Московского государственного университета печати, почетный вице-президент РАЕН, заместитель главного редактора журнала «Вестник РАЕН»

**ПОРОТНИКОВА МИЛЕНА ВСЕВОЛОДОВНА** — ответственный секретарь журнала «Вестник РАЕН»

**АЛЕКСЕЕВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ** — д.и.н., профессор Университета управления правительства Москвы, почетный работник высшего профессионального образования

**АНТОНОВ АНТОН ВАЛЕРЬЕВИЧ** — д.э.н., профессор, начальник планово-экономического управления РАЕН

**АРЕНС ВИКТОР ЖАНОВИЧ** — д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, Лауреат Государственной премии СССР, почетный вице-президент РАЕН

**БАТЛЕР РОСС РАСТИ** — профессор, вице-президент Университета Долины штата Юта (США), директор Института Юта-Россия (США)

**БОБРОВ АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ** — д.г.-м.н., доцент, профессор кафедры геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

**БУРАК ПЕТР ИОСИФОВИЧ** — д.э.н., профессор, директор Института региональных экономических исследований, вице-президент РАЕН

**ВОЛКОВ ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ** — д.филос.н., профессор, зав. кафедрой социологии, политологии и права, директор Института по переподготовке и повышению квалификации Южного федерального университета, Заслуженный деятель науки РФ

**ГРИБОВ ЛЕВ АЛЕКСАНДРОВИЧ** — д.ф.-м.н., профессор, чл.-корр. РАН, почетный вице-президент РАЕН, Заслуженный деятель науки РФ

**ЭПИФАНЦЕВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ** — д.соц.н., действительный государственный советник II класса, профессор Южного федерального университета

**ЖДАНОВ МИХАИЛ СЕМЕНОВИЧ** — д.ф.-м.н., профессор, г.н.с. лаборатории электромагнитных методов геофизических исследований Института геоэлектромагнитных исследований Объединенного института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, профессор университета Солт-Лейк-Сити (США)

**ЗОЛОТАРЕВ ВЛАДИМИР АНТОНОВИЧ** — д.ю.н., д.и.н., профессор, действительный государственный советник РФ I класса, вице-президент РАЕН

**ИВАНИЦКАЯ ЛИДА ВЛАДИМИРОВНА** — к.т.н., Первый вице-президент – Главный ученый секретарь РАЕН

**КАЗАРЯН СУРИК БАХШИЕВИЧ** — д.ю.н., Судья третьего ранга Квалификационного класса Республики Армения, Гос. Советник юстиции, президент Высшего арбитражного консультативного совета ЗА, президент Американского научного центра РАЕН

**МАГОМЕДОВ ШАМИЛЬ МАГОМЕДОВИЧ** — д.э.н., профессор, зам. директора Института региональных экономических исследований

**ПАНИН АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ** — д.вет.н., профессор, академик РАН, директор Всероссийского государственного центра качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов

**ПИСЬМЕНСКИЙ ГЕННАДИЙ ИВАНОВИЧ** — д.воен.н., д.и.н., профессор, проректор НОУ ВПО «Современная гуманитарная академия»

**САВЕЛЬЕВ ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ** — д.филос.н., профессор кафедры правового обеспечения экономической деятельности ФГБУ ВО Российского государственного университета правосудия; директор департамента науки и экспертной оценки Совета по реализации стратегии пространственного развития страны

**СМИРНОВ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ** — д.и.н., профессор Дипломатической академии МИД России, Чрезвычайный и полномочный посланник Российской Федерации

**ТЕРЕХИН МИХАИЛ ТИХОНОВИЧ** — д.ф.-м.н., профессор кафедры математического анализа Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина

**УТЯМЫШЕВ ИЛЬДАР РУСТАМОВИЧ** — д.т.н., ученый секретарь отделения «Научные основы регулирования естественных монополий»

**ХАЧАТРИАН КАРЕН ГЕВОРГОВИЧ** — к.т.н., д-р горного дела, специалист по географическим системам управления (GIS) департамента государственных работ графства ЛосАнджелес (США), член Союза писателей Армении, вице-президент и ученый секретарь Американского научного центра РАЕН, гл. редактор журнала «Знаток»

**ЧЕНЬ ЦЯНЬПИН** — д.т.н., профессор, директор научно-исследовательского центра «Земли, ресурсов и высоких технологий» Китайского геологического университета (г. Пекин), начальник головной лаборатории и профессионального комитета математической геологии и геоинформации Китайского геологического общества. Лауреат пяти премий научно-технологического прогресса министерства геологии и минеральных ресурсов (Китай)

**ЧЕРЕШКИН ДМИТРИЙ СЕМЕНОВИЧ** — д.т.н., профессор зав. лабораторией Информатизации и информационной безопасности Института системного анализа РАН

**ЧЖАО ПЕНДА** — д.т.н., профессор Китайского геологического университета (г. Пекин), действительный член Китайской академии наук, председатель международного комитета по геологическим данным от азиатского региона (Китай)

**ШАХВЕРДИЕВ АЗИЗ ХАНОВИЧ** — д.т.н., генеральный директор НП «Институт системных исследований процессов нефтегазодобычи», вице-президент РАЕН

**ШЕВЧЕНКО ЮРИЙ ЛЕОНИДОВИЧ** — д.м.н., профессор, академик РАН, Заслуженный врач РФ, Заслуженный деятель науки РФ, президент Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова

**ЯКУШИНА ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА** — д.т.н., университет «Дубна», Ученый секретарь НСОММИ Федерального научно-методического центра «ВИМС»

**ЯННАКОПУЛОС ПАНАЙОТИС** — профессор кафедры компьютерных систем, член управляющего совета Пирейского университета прикладных наук, Вице-президент Европейских программ ПУПИ, член совета Национального греческого информационного центра (Греция)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Кузнецов Олег Леонидович** — президент РАЕН, д.т.н., профессор, президент Международного университета природы, общества и человека «Дубна», Лауреат государственной премии СССР, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Лауреат Премии правительства РФ в области науки и техники

**Гейхман Исаак Львович** — д.т.н., профессор, Вице-президент РАЕН, президент Ассоциации строительных компаний «Росзарубежстрой», Заслуженный деятель науки РФ

**Кервалишвили Паата Джамлетович** — д.ф.-м.н., профессор Института прикладной физики Грузинского технического университета, президент Грузинской АЕН

**Козловский Евгений Александрович** — д.т.н., профессор, Вице-президент РАЕН, зав. кафедрой Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе, лауреат Ленинской премии, дважды лауреат премии Правительства РФ

**Мелуа Аркадий Иванович** — д.филос.н., профессор, генеральный директор научного издательства «Гуманистика»

**Никитин Альберт Николаевич** — д.т.н., профессор, генеральный директор Московского института ноосферных технологий, Лауреат государственной премии РФ

**Новиков Василий Семенович** — д.м.н., профессор, Лауреат Государственной премии РФ, Заслуженный деятель науки РФ, вице-президент РАЕН

**Рахманин Юрий Анатольевич** — д.м.н., профессор, академик РАН, директор НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина МЗ России, вице-президент РАЕН

**Степашин Сергей Вадимович** — д.ю.н., профессор, государственный советник юстиции РФ, председатель наблюдательного совета государственной корпорации «Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства»

**Тыминский Владимир Георгиевич** — к.г.-м.н., профессор, президент Европейской академии естественных наук (ФРГ, Ганновер), почетный Главный ученый секретарь РАЕН

**Фурсей Георгий Николаевич** — д.ф.-м.н., профессор Государственного университета телекоммуникаций, зав. кафедрой физики, директор Центра электрофизических проблем поверхности, почетный вице-президент РАЕН

**Чилингар Джордж Б.** — профессор, иностранный член РАН, руководитель научного центра РАЕН, США

**Алексеев Павел Александрович** — к.т.н., начальник научно-организационного отдела РАЕН, зав. редакцией Вестника РАЕН

## правила для авторов

**Общие положения.** Издание «Вестника РАЕН» имеет своей целью регулярно знакомить российскую научную общественность с наиболее важными научными и научно-практическими достижениями членов РАЕН, с новыми разработками и новыми концепциями в различных областях знаний, с текущими событиями в секциях и отделениях РАЕН как в России, так и за рубежом. Представляемые в редакцию материалы должны отличаться четкой и ясной формой изложения, доступной для широкого круга специалистов различных отраслей науки. На страницах журнала публикуются также краткие научные сообщения, дискуссии, письма читателей, персоналии, а также информационные и рекламные объявления.

**Требования к рукописи.** В статье указывается название на русском и английском языках, имя, отчество и фамилия автора (авторов), его (их) ученая степень, ученое звание, место работы на русском и английском языках, должность.

Статья должна быть подписана всеми авторами и содержать почтовый индекс, адрес работы на русском и английском языках, адрес электронной почты и телефон автора (соавтора), с которым редакция сможет вести переписку.

К статье прилагается резюме на русском и английском языках объемом не более 8–10 строк, ключевые слова на русском и английском языках, УДК.

Текст статьи 12 пунктов объемом не более 15 страниц через 1,5 интервала в формате MS WORD с контрольной распечаткой в 2 экземплярах с сохранением форматирования.

**Иллюстрации.** Иллюстрации (графики, схемы, диаграммы, рисунки, фотографии) в виде отдельных файлов с указанием позиции для размещения в тексте. Растровые изображения в формате TIFF с разрешением 350 dpi. Векторные изображения в формате EPS. При необходимости в журнале могут быть опубликованы цветные иллюстрации при условии оплаты автором.

**Формулы.** Количество формул в статье не должно превышать 10.

**Список литературы** нумеруется и составляется в алфавитном порядке. В тексте статьи дается в квадратных скобках ссылка на порядковый номер упомянутой работы, которая в списке приводится в следующем виде: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название работы, сокращенное название журнала, год, том, номер, интервал страниц. Ссылки на монографии (книги) включают полное название книги, фамилию и инициалы автора (авторов), город, издательство, год, полное количество страниц.

Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать материалы статьи.

Утверждено на совместном заседании редакционной коллегии и редакционного совета  
7 февраля 2002 г.

Журнал входит в перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по следующим группам специальностей:

- ♦ 14.03.09 – Клиническая иммунология, аллергология (ветеринарные науки),
- ♦ 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых (технические науки),
- ♦ 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения (технические науки),

- ♦ 25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений (геолого-минералогические науки),
- ♦ 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин (технические науки),
- ♦ 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки),
- ♦ 25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки)
- ♦ 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки)