

STL'2014

SCIENCE, TECHNOLOGY AND LIFE - 2014

Proceedings of the international scientific conference
Czech Republic, Karlovy Vary, 27-28 December 2014



SCIENCE, TECHNOLOGY AND LIFE - 2014

Proceedings of the international scientific conference

Czech Republic, Karlovy Vary, 27-28 December 2014

UDC 001.12
BBK 94.3
C11

Scientific editors:

Iljuhina Valentina Aleksandrovna, Doctor of Biology, Professor, Head of the Laboratory of Physiology states of the brain and the body of the Institute of Human Brain named after N.P. Behtereva Russian Academy of Sciences, USSR State Prize Laureate

Zhukovskij Vladislav Iosifovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of optimal control of the Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Honored Scientist of the Russian Federation

Ketova Natal'ja Petrovna, Doctor of Economics, Professor, Head of Marketing and Communications in Business, Southern Federal University, Honored Worker of Science

Gazaliev Arstan Maulenovich, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Chemistry, professor of industrial ecology and chemistry Karaganda State Technical University

Mal' Galina Sergeevna, Doctor of Medicine, Head of the Department of Pharmacology of the Kursk State Medical University, academician of the RAE and Natural Sciences

C11 SCIENCE, TECHNOLOGY AND LIFE – 2014: Proceedings of the international scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary, 27-28 December 2014. [Electronic resource] / Editors V.A. Iljuhina, V.I. Zhukovskij, N.P. Ketova, A.M. Gazaliev, G.S. Mal'. – Electron. txt. d. (1 файл 13,3 MB). – Karlovy Vary: Skleněný Můstek - Kirov: MCNIP, 2015. – 1117 p.– ISBN 978-80-87940-87-7+ ISBN 978-5-00090-048-2.

Proceedings includes materials of the international scientific conference «SCIENCE, TECHNOLOGY AND LIFE - 2014», held in Karlovy Vary, 27-28 December 2014. The main objective of the conference - the development community of scholars and practitioners in various fields of science. Conference was attended by scientists and experts from Russia, Ukraine, Kazakhstan, Azerbaijan. International scientific conference was supported by the publishing house of the International Centre of research projects.

ISBN 978-80-87940-87-7 (Skleněný Můstek, Karlovy Vary, Czech Republic)
ISBN 978-5-00090-048-2 (MCNIP LLC, Kirov, Russian Federation)

Articles are published in author's edition. Editorial opinion may not coincide with the views of the authors

Reproduction of any materials collection is carried out to resolve the editorial board

© Skleněný Můstek, 2015

© MCNIP LLC, 2015

Table Of Contents

Section 1. Physical and Mathematical Sciences16

Zhukovskiy V.I., Sachkov S.N., Gorbatov A.S. Mathematical model of the “Golden rule” 17

Старожилова О.В. Математическое моделирование нелинейных задач деформирования оболочек 24

Section 2. Chemical Sciences.....28

Вавилов Е.С., Ковалев И.Н., Жеребцов Д.А. Углеродный материал с высокой адсорбционной способностью..... 29

Габорик М.Д., Бочарников В.А. Получение сульфокатионита из отработанных резинотехнических изделий..... 33

Газалиев А.М., Кабиева С.К., Федорченко В.И., Ибраев М.К., Балпанова Н.Ж. Влияние процесса алкилирования бурых углей Центрального Казахстана на повышение выхода ценных продуктов 35

Золотарёв К.В., Беляева Н.Ф., Михайлова М.В., Наход К.В., Наход В.И., Михайлов А.Н. Фракционирование взвешенных частиц как метод исследования распределения тяжёлых металлов по формам в водоёме 42

Киселева Е.А., Школьников Е.И. Углеродные электроды суперконденсаторов с водным электролитом..... 50

Sardarly A.M., Vislovskiy V.P., Suleymanov G.Z., Tagiyev D.B. Promotion Effect and Role of Antimony in Oxidative Dehydrogenation of Isobutane over Alumina supported V-Sb Oxide Catalysts..... 57

Section 3. Biological Sciences65

Бородина А.В., Береговая Н.М., Беляев Б.Н. Влияние экзометаболитов моллюсков *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) на макрофиты *Gelidium* sp..... 66

Будилов П.В., Куберская О.В. Уточненные данные по жужелицам (Coleoptera, Carabidae) заказника «Ольджиканский», Хабаровский край	72
Васильев А.Г. Модификация метода отклонений для построения уравнения группового роста брюхоного моллюска <i>Vuccinum osagawai</i>	80
Игнатов Н.Н., Сафроненков Б.П. Численность и оценка качественного состояния молоди кеты (<i>Oncorhynchus keta</i>) выращенной на ЛРЗ Магаданской области в технологический цикл 2013-2014 гг.	90
Maletskii S.I., Yudanov S.S., Maletskaya E.I. Autosegregation of the unianthy–synanthy characters in apozygotic progenies of sugar beet (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	100
Славгородский А.В. Технология гербаризации между листов спанбонда	110
Эйгес Н.С., Волченко Г.А., Волченко С.Г. Метод химического мутагенеза И.А. Рапопорта в создании комплексов ценных признаков и биоразнообразия у озимой пшеницы.....	117
Section 4. Technical Sciences	127
Асланов З.Ю., Эфендиев Э.М. Опыт стратификации в управлении качеством машиностроительной продукции.....	128
Bazhenov R., Senkovskaya A. Justification of requirements and development of the software for the mobile platform.....	136
Григорьева О.К., Голубева Л.Ф. Применение фреонового контура на конденсационных энергоблоках	141
Елисеев А.В., Елисеев С.В., Кашуба В.Б. Методологические подходы к моделированию контактных взаимодействий в вибрационных технологических процессах и машинах с учетом неудерживающих связей	146
Забавина М. В. Тормозные башмаки для железнодорожного транспорта	156

Кальмова М.А., Павлов Г.В. Стабилизация программного движения диска на вязкоупругом основании.....	163
Карауш С.А. Экспериментальное исследование охлаждения и замораживания раствора вакцины против гепатита «В»	172
Красовская А.В. Концептуальное проектирование системы управления обучением в массовом открытом онлайн курсе по программированию	180
Кретов Д.А., Пищулев А.А. Влияние агрессивных сред на железобетонные конструкции. Виды агрессивных сред.....	189
Власов А.А., Константинов М.А., Макаренко А.А., Макаров А.Д., Моторин Е.А., Николаев А.А., Токарев Н.С. Вариант применения оптоэлектронной системы для определения параметров посадочной площадки конвертоплана	199
Махоткина Л.Ю., Христюлова В.И. Анализ факторов, влияющих на деформационные свойства верха обуви специального назначения....	208
Меерович В.Д. Оценка параметров движения объектов на основе спутниковых и трекерных измерений	216
Меланич А.В., Язов Д.В., Аванесова Т.П. Основные задачи использования E-Navigation с целью обеспечения безопасности мореплавания	226
Мюллер О.Д. Теоретические основы упругопластического деформирования мелкодисперсных сред	234
Очур-оол А.П. Состояние шламовых отходов комбината «Тувакобальт» в отвалах	245
Плешивцев А. А. Конструктивные особенности сборных элементов БЖЗ и их узловых соединений.....	249
Protsenko A.E., Telesh V.V. Technological capabilities to increase strength of fiberglassreinforced plastic based on thermoset binder.....	256
Semenyuta A.A., Tanashkina T.V., Zakharenko E.M. Changes in germination and malting quality during storage of buckwheat	259
Sidorov I. Investigation of the process of the burner RGMG-30.....	265

Афанасьев А.С., Вященко Ю.Л, Иванов К.М. Информационно-системная формализация процессов (и управления процессами) жизненного цикла технического комплекса	268
Тонконогов Д.В. Построение онтологической модели временных выражений для системы анализа неструктурированных текстов	278
Шавшина С.А. Обеспечение защиты информации в государственном секторе	284
Вященко Ю.Л., Ящук И.Л. Применение общего логико-вероятностного метода для оценки показателей надежности структурно-сложных систем	290
Section 5. Agricultural Sciences	299
Syukov V.V., Zakharov V.G., Krivobochev V.G., Nikonov V.I., Vasilova N.Z., Ganeev V.A. Method of ecological breeding an example program "Ecada"	300
Фолманис Г.Э., Федотов М.А., Коваленко Л.В. Наноматериалы для растениеводства	311
Section 6. Economics	320
Barkar A. Insolvency Prediction of Companies Renting Commercial Real Estate	321
Bashkatov V.V., Artyukh V.E., Litvinova Y.V. Tax calculations in management accounting system.....	327
Buresh A. I., Bekbergeneva D. E., Novgorodov D. N. Formation of Effective Regional Policy: Problems and Solutions	335
Burkina M.M., Buturovich N.V. The structurization of goals of the personnel reserve formation in the research organization	339
Быстрицкая Я.М. Оценка сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз рынка розничной торговли Российской Федерации и Иркутского региона	345
Васильев И.И. Основные направления организации возмещения долга кредиторам российских банков-банкротов	353

Vorobeva N., Dyukina T. The Analysis of the Functioning of Public Transport in Russia	361
Гвасалия Г.З. Кластерное развитие как инструмент повышения конкурентоспособности регионов.....	367
Gerbeeva L. Y., Korotchenko Y. I. Performance Evaluation of Regional Property Management	373
Гребенникова В.А., Кулинченко Е.А. Актуальные проблемы в области анализа финансовой устойчивости предприятия	380
Густей Е.М. Вознаграждение руководителей высшего звена: практика отечественных корпораций	391
Демяхина Е.В. Принципы корпоративной социальной ответственности бизнеса.....	399
Деревянкин Е.В., Матюк К.И., Низамутдинова К.Э. Поддержка общественных интернет ресурсов как составляющая работы с целевой аудиторией.....	407
Добросердова И.И., Корниенко О.Ю. Тенденции развития внутрифирменного финансового контроля в российских компаниях ..	414
Dyrina E. N. Lean production in the modern energy providing companies of Russia	422
Дьяченко В.Н. Пространственная мобильность населения Дальнего Востока	428
Ермошкина В.С., Шкуренко А.И. ОСАГО: проблемы и пути их решения	436
Замаховский М.П. Геометрические модели статистического показателя	441
Ибрагимова И.И. Современные особенности развития финансовой системы России.....	449
Илюхина Н.А., Лытнева Н.А., Боброва Е.А. Методические основы и принципы учета затрат на производство	455

Кетова Н. П., Анипченко А. А., Семенова Н. С. Маркетинг взаимодействия на промышленных рынках: сущность, особенности, инструментарий	464
Ковнир В.Н., Шайхимарданов К.Ф. Механизм ликвидации информационного шума при сопоставлении суверенных экономических систем.....	474
Корда Н.И. Организационные основы совершенствования системы программно-целевого управления инвестициями на региональном уровне	481
Крупенников Г.Г. Критерии выбора счетов для урегулирования неразрешенных овердрафтов.....	488
Frolova I.M., Frolov D.V., Kuzmin A.G. Realization of Cluster Initiatives in Orenburg Region	496
Кулешова В.П. Малый бизнес: проблемы развития и пути решения ...	500
Куценко В.В., Ровбель С.В. Гуманизация условий труда и социальная активность работника в организации.....	511
Makaricheva N.A., Zargaryan A.M. Effective ways of personnel interaction in small business strategic management.....	520
Малинина Т.В., Мурина В.И. Пути решения проблемы переработки и рециклинга отработавшего ядерного топлива АЭС.....	524
Муноз А.Л.Ф. Сравнительный анализ инвестиционной активности субъектов Центрального федерального округа РФ в докризисный и после кризисный периоды	534
Несолена О.В. Проблемы развития российского среднего класса в условиях институциональных преобразований	540
Окорокова О.А., Улыбина Л.К. Институциональное развитие и финансовая устойчивость институтов страхового рынка России.....	549
Сандракова И.В., Сельская И.Л. Удовлетворенность клиента товарами – главное условие его лояльности	558
Смагина А.Ю., Шнайдер О.В. Способы оптимизация налогообложения на малом предприятии путем внедрения системы управленческого учета налоговых расчетов.....	564

Соловьева Н.Е., Лисицкий Д.С. Налоговый контроль экспортных операций	574
Степченко Т.С., Довбыш В.Е. Основные показатели экономики ядерной энергетики.....	583
Сухоруков А.В. Оценка факторов, определяющих спрос на мебель по регионам России.....	593
Buresh O.V., Frolov A.V., Pitanov V.A. Conceptual Framework of Regional Cluster-Based Policy	600
Цитленок В.С. Достижение оптимальных пропорций функционально-межсубъектной дифференциации благосостояния населения России как способ развития её социально-коммуникативного капитала.....	607
Чупандина Е.Е., Зенкина А.В. Эмпирические исследования факторов, оказывающих влияние на экономическую устойчивость аптечных организаций.....	615
Шатсков А.А. Анализ экономической задачи с помощью Microsoft Excel	623
Шевнина Г.В. Основные принципы деятельности налогового консультанта	631
Section 7. Philosophical Sciences	638
Дворникова Е.И. Культурная и личностная идентичность в русской философской традиции	639
Коляда С.И. Взаимозависимость изменений в типологии коммуникативных процессов и развития культуры.....	646
Попов В.В., Музыка О.А. Щеглов Б.С. Вероятность и случайность в контексте концептуализации постнеклассической науки	656
Section 8. Philology	665
Голайденко Л.Н. Может ли существительное <i>воображение</i> называть наглядно-чувственный образ (на материале художественной прозы)	666
Денисов Д.В., Александрова Е.В. Макроструктуры повествования: к вопросу структурно-ритмического определения реальности.....	676

Коляда-Березовская Т.Ф. Грани межкультурной коммуникации: компаративный анализ фразеологизмов с зоонимами в русском и чешском языках.....	686
Kutybayeva A.D., Gluchshenko M.E. Lingvopragmatic Aspect of Figures of Speech.....	694
Manik S.A. Dictionary of Socio-Political Vocabulary and Its Niche in the Age of Cyberscience	702
Sanina K. A Gender Factor of the <i>Uchi/Soto</i> Concept in Nagai Kafū's "Tales of America"	712
Section 9. Legal Sciences	720
Ефимцева Т.В. Правовые основы создания и деятельности малых инновационных предприятий при вузах.....	721
Зеленская Ю.А. Понятие и признаки уголовного наказания в Российском законодательстве	730
Section 10. Pedagogical Sciences	735
Акмалов А.Ю. Современные аспекты личностно ориентированных образовательных технологий	736
Андреева И.Н. Этнопедагогика и диагностические исследования этнокультурных знаний дошкольников и обучающихся	742
Бодрова Т.Ю. Педагогические и инфокоммуникационные технологии в сфере РКИ: инновации и перспективы	752
Бурина Н.С. Обучение менеджменту: становление личности	757
Гайдуков А.Н. Развитие психомоторных способностей студента-железнодорожника средствами профессионально-прикладной физической культуры	763
Гайнутдинов Р.Г. Педагогическая интерпретация требований информатизации образования к лекции	768
Гирфанова Л.П. Технологическое обеспечение патриотического воспитания в системе многоуровневого образования: постановка проблемы.....	778

Гулевич Т.М. Потенциал социокультурной деятельности в формировании равных возможностей детей с ОВЗ.....	789
Жукова И.А. Использование технологии критического мышления на уроках русского языка и литературы	798
Ибрагимова Е.Н., Просюкова К.О. Дистанционное обучение на примере Сирийского Виртуального Университета.....	806
Люткова Н.Г. Использование Интернет-технологий в обучении иностранному языку.....	814
Маеркина Е.П. К вопросу о формировании образа профессиональной деятельности у студентов юридического колледжа	820
Mironkin D.P. The development of creativity of students of specialized mathematical classes using multistage Mathematics and Information jobs	826
Мурашев В.В., Акимова Е.И. Московская Олимпиада школьников – не сепаратор для «сливок», а «дрожжи» образования	834
Санникова С.В., Сафронова Н.А. К вопросу о коммуникативной рефлексии на уроках английского языка: понятие, сущность, особенности проявления	843
Тагиева Э.С. От игры к спорту: лингвокультурологические аспекты концептуальной теории спорта	848
Тютюнова Ю.М. О некоторых ошибках при выполнении заданий в условиях пленэра.....	863
Филипенко И.Е. Взаимодействие педагогических культур как педагогический фактор	872
Хроменков П.А. Формирование технологической компетентности студентов педагогического вуза в условиях межнаучной коммуникации	878
Chebotar E. Most Common Ballet Injuries.....	886
Ширшова И.А. Формирование управленческой компетентности будущих педагогов.....	892

Шитова И.Ю. Открытые образовательные ресурсы Германии для студентов высших учебных заведений 900

Section 11. Medical Sciences 909

Stolyar M.A., Bigildeev A.E., Kuzmina L.A., Parovichnikova E.N., Savchenko V.G. Investigation of microRNA prognostic significance miR-194 and miR-203 for the prediction of acute graft-versus-host disease in patients after allogeneic bone marrow transplantation 910

Бондарев О.И. , Разумов В.В., Бугаева М.С. Остеоиндукция как механизм формирования очаговых патологических изменений в легких у работников угольной промышленности 925

Biloklytska G.F., Panchenko L.M., Braun I.E. Action of “Emdogain” (Straumann) on human osteogenous progenitor bone marrow cells, an experimental study 934

Datskih E.O., Konovalova O.S., Maltsev N.G., Ponomareva M.N., Kobnovalova N.A. Clinico-statistical analysis of the volume and types of surgical treatment of cataract and glaucoma in the past 10 years 942

Ilyukhina V.A. System-integrative approach to the study of brain mechanisms of regulation of states and cognitive performance of healthy and sick person 949

Белоклицкая Г.Ф., Копчак, О.В., Яковенко Л.Ф., Сидорик Л.Л. Выявление анти-Hsp60 антител различной специфичности при генерализованном пародонтите..... 964

Konovalova O.S., Ponomareva M.N., Kobnovalova N.A., Rudneva L.F. Morphometric features of the optic nerve in elderly persons suffering from ischemic heart disease and arterial hypertension accompanied by chronic vascular cerebral insufficiency..... 970

Konovalova O.S., Sakharova S.V., Ponomareva M.N., Konovalova N.A., Shiripova U.A. Clinical and statistical analysis of referrals to emergency ophthalmological care of patients with acute attack of glaucoma 978

Kochetkova A.Y., Tikhonovskaya O.A., Alifirova V.M. Menstrual irregularities in women with multiple sclerosis 984

Кудряшова Л.Н., Хабибуллина З.А. Хронический болевой синдром при поражениях тройничного нерва в онкологии (обзор литературы).....	992
Луценко М.Т. Мукоцилиарная система при атипичной пневмонии...	1000
Маль Г.С., Дородных И.А., Полякова О.В., Грибовская И.А., Лавриненко К.И., Буланов Е.А., Кувшинова Ю.А. Современная оценка полиморфизма в формировании персонализированного подхода к лечению больных ИБС.....	1005
Мотанова Л.Н., Иванов В.И., Арчакова Н.А. Туберкулез в пенитенциарной системе Приморского края	1011
Свитич О.А., Ганковская Л.В., Семенова Е.А., Рассказова Н.Д., Алиева А.И., Лабжинов П.А., Зверев В.В. Исследование ассоциации маркеров в генах, белковые продукты которых участвуют в реакциях иммунитета, с развитием внутриутробной инфекции	1020
Syusyuka V.G., Peycheva E.V., Komarova E.V., Averchenko Y.G. Estimation of role of preparation of partners to participation in family labor	1025
Тотчиев Г.Ф., Ахмедова А.Э., Бучнева Н.В. Дисбиоз влагалища: клинико-диагностические аспекты	1031
Section 12. Psychological Science	1038
Абросимова Ю.А. Социально-психологические аспекты интегративной гипнотической коммуникации в процессе психологического консультирования.....	1039
Айбазова Ф. У. Семья как фактор социализации личности	1049
Жуков Н.В. Особенности жизненных смыслов студенческой молодежи города Ростов-на-Дону	1055
Макоева А.Ю. Профессиональная компетентность специалиста в контексте модернизации образования	1059
Петрушенко Е. Ф., Мельник В. М. Значение этнической психологии в антропологической теории	1063
Section 13. Sociological Sciences	1072

Игебаева Ф.А. Искусство управлять людьми – самое трудное и высокое из всех искусств	1073
Panfilova A.O. Frustration and alienation as a factors of social anomie and deviant behavior	1080
Section 14. Cultural	1085
Куликов В.В. Деревянная архитектура Тулы	1086
Section 15. Earth Sciences	1097
Заболотских В.В., Бондарева Т.Е. Использование биомассы водорослей «цветущих» водоёмов для получения биотоплива	1098
Popov V.K. , Kalacheva N. I. Successful conducting of the real estate cadastre on the basis of experience of the netherlands	1109

SECTION 1.

PHYSICAL AND

MATHEMATICAL SCIENCES

MATHEMATICAL MODEL OF THE “GOLDEN RULE”

ZHUKOVSKIY V.I.¹, SACHKOV S.N.², GORBATOV A.S.¹

¹RUSSIA, LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

²RUSSIA, MOSCOW STATE UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND MANAGEMENT

Abstract. In this paper we offer a new approach to the conflict solution. It is based on the “Golden rule of morals”. The most famous wording of this rule is “And just as you want men to do to you, you also do to them likewise” (Gospel of Luke 6:31). Using the “Golden rule” to the conflicts solution we wittingly avoid a sharpening of relations, wars and armed conflicts.

Key words: “Golden rule of morals”, situation, payoff function, Nash equilibrium, Berge equilibrium, mixed strategy.

1. Nash equilibrium

A conflict arises when some persons with different own aims oppose to each other. To solve a conflict is to choose such operations that the results of these operations will be convenient for all participants of the conflict. This problem is usually investigated by methods of mathematical non-cooperative game theory. A mathematical model of conflict is represented by a non-cooperative game of N persons:

$$\Gamma = \langle N, \{X_i\}_{i \in N}, \{f_i(x)\}_{i \in N} \rangle.$$

Here $N = \{1, \dots, N\}$ is a set of the players (participants of a conflict) numbers. Each i -th player uses his own *pure strategy* $x_i \in X_i \subset \mathbf{R}^{n_i}$. The players choose their strategies independently of each other. As a result we get a situation $x = (x_1, \dots, x_N) \in X = \prod_{i \in N} X_i \subset \mathbf{R}^n$ $\left(n = \sum_{i \in N} n_i \right)$. We define a *payoff function* $f_i(x)$ ($i \in N$) of the i -th player on the set X . The i -th player obtains a *payoff* $f_i(x)$ which

is equal to the value of his payoff function in the concrete situation $x = (x_1, \dots, x_N) \in X$.

A situation $x^e = (x_1^e, \dots, x_N^e) \in X$ in the game Γ is called a *Nash equilibrium* if

$$\max_{x_i \in X_i} f_i(x^e \parallel x_i) = f_i(x^e) \quad (i \in \mathbb{N}), \quad (1)$$

where $(x^e \parallel x_i) = (x_1^e, \dots, x_{i-1}^e, x_i, x_{i+1}^e, \dots, x_N^e)$.

This solution of the game Γ was offered [1] in 1949 by American mathematician John Forbes Nash. Nash equilibrium is a crucial concept in non-cooperative games, and it won John Nash the Nobel prize in economics in 1994. The notion of Nash equilibrium is used in market economics, evolutionary biology, politics and military theory.

Note that the Nash equilibrium has an “egoistic character” because solving a conflict every one of the players tries to satisfy his own interests only (by (1) the i -th player chooses his strategy such that his payoff will be the largest possible). But we demonstrate in this paper that it is possible to solve conflicts by a friendly way. This way implies that every i -th player (using the Berge equilibrium) must support to every other ones. The Berge equilibrium concept formalizes mutual support among players motivated by the altruistic social value orientation in conflicts. In this paper we have established that this friendly solution of a conflict exists under standard (for the mathematical game theory) restrictions, such as continuity of payoff functions and compactness of the sets of player’s strategies.

Thus in this paper we will prove existence (Theorem in Subsection 4) of operations (in mixed strategies) of conflict participants which friendly solve almost any conflict.

2. Berge equilibrium

In 1957 French mathematician Claud Berge published a book “General theory of n -persons game”. The Berge’s book was translated into Russian in 1961 [2]. By virtue of this book a new notion of equilibrium was formulated in 1994.

A situation $x^B \in X$ is called a *Berge equilibrium* in the game Γ if

$$f_i(x \| x_i^B) \leq f_i(x^B) \quad \forall x \in X \quad (i \in \mathbb{N}). \quad (2)$$

This notion is absent in the book [2]. The Berge equilibrium concept was introduced intuitively in this book. The notion of Berge equilibrium first was formalized by Zhukovskiy's doctoral student Konstantin Vaisman [3-5]. In contrast to (1) in (2) the sense of equilibrium has changed: every i -th player is motivated to maximize the payoffs to the other players (forgetting himself) and every player chooses strategies accordingly. Such altruistic approach to a conflict solution makes it possible to avoid a sharpening of relations, wars and armed conflicts.

In our opinion a Berge equilibrium is the only method of conflict solution corresponding to the "Golden rule of morals".

Konstantin Vaisman died suddenly at the age of 35 in 1998 and the investigations of Berge equilibrium in Russia were interrupted. But the Algerian doctoral students of professor Zhukovskiy (M. Larbani, M. Radjef) took out the notion of Berge equilibrium to the West, where the Berge equilibrium is actively investigated now (see review [6]). The stage of heuristic methods has already been passed. Replacing the intensive accumulation of facts, the stage of evolutionary development of the mathematical theory of Berge equilibrium comes.

3. Sufficient conditions

For the game Γ we construct a scalar function

$$\varphi(x, z) = \max_{i \in \mathbb{N}} [f_i(x \| z_i) - f_i(z)] , \quad (3)$$

where $z_i \in X_i$ ($i \in \mathbb{N}$), $z = (z_1, \dots, z_N) \in X$.

Proposition. If for the function $\varphi(x, z)$ from (3) there exists a saddle point $(x^0, z^0) \in X \times X$, i.e.

$$\varphi(x, z^0) \leq \varphi(x^0, z^0) \leq \varphi(x^0, z) \quad \forall x, z \in X, \quad (4)$$

then $x^B = z^0$ is a Berge equilibrium situation for the game Γ .

Proof. Setting $z = x^0$ in (4), in view of (3) we have $\varphi(x^0, x^0) = 0$. Therefore from (4) we get $\varphi(x, z^0) = \max_{i \in N} [f_i(x \| z^0) - f_i(z^0)] \leq 0 \quad \forall x \in X$. Hence we get for $x^B = z^0$ $[f_i(x \| x_i^B) - f_i(x^B) \leq 0 \quad \forall i \in N] \Leftrightarrow [f_i(x \| x_i^B) \leq f_i(x^B) \quad \forall i \in N, x \in X]$.

Remark. The above proposition substantiates the following method of finding of a Berge equilibrium situation. In order to find a Berge equilibrium situation one must

- a) construct a function $\varphi(x, z)$ of the form (3),
- b) find a saddle point (x^0, z^0) determined by (4).

Then the situation z^0 is a Berge equilibrium situation for the game Γ .

4. Existence of Berge equilibrium

Assume that in the class of pure strategies there does not exist a situation x^B satisfying the Berge equilibrium condition (2). Then one can follow the approach proposed by Borel, von Neumann and Nash. The approach is that the set X_i of pure strategies x_i should be extended to the set of mixed strategies; then for the game Γ existence of Berge equilibrium can be established on a class of mixed strategies.

Further we suppose that in the game Γ

- the sets of pure strategies $X_i \in \text{comp } \mathbf{R}^{n_i}$ (i.e. closed and bounded),
- the payoff functions $f_i(x)$ are continuous on $X = \prod_{i \in N} X_i$.

We construct the Borel σ -algebra $B(X_i)$ for every compact set X_i ($i \in N$). In game theory a *mixed strategy* $\nu_i(\cdot)$ of the i -th player is a probability measure on the compact set X_i . A *probability measure* is a nonnegative scalar function $\nu_i(\cdot)$ which is defined on $B(X_i)$ and satisfies the property of countable additivity and the property of normability. Denote the set of mixed strategies $\nu_i(\cdot)$ of the i -th player by $\{\nu_i\}$ ($i \in N$).

The measure-products $\nu(dx) = \nu_1(dx_1) \dots \nu_N(dx_N)$ are the probability measures on the set X of situations (in pure strategies). Denote the set of probability

measures $\nu(dx)$ by $\{\nu\}$. The measure $\nu(dx)$ is called a *situation in mixed strategies*.

Further we construct the payoff functions (mathematical expectations)

$$f_i(\nu) = \int_X f_i(x) \nu(dx) \quad (i \in \mathbb{N}). \quad (5)$$

We put into correspondence to the game Γ in pure strategies its *mixed extension*

$$\tilde{\Gamma} = \langle \mathbb{N}, \{\nu_i\}_{i \in \mathbb{N}}, \{f_i(\nu)\}_{i \in \mathbb{N}} \rangle.$$

A situation $\nu^B(\cdot) \in \{\nu\}$ is called a Berge equilibrium for the game $\tilde{\Gamma}$ (or a *Berge equilibrium situation in mixed strategies for the game Γ*) if the following conditions

$$f_i(\nu \parallel \nu_i^B) \leq f_i(\nu^B) \quad \forall \nu(\cdot) \in \{\nu\}, \quad i \in \mathbb{N}, \quad (6)$$

hold. Here $(\nu \parallel \nu_i^B) = (\nu_1(dx_1) \dots \nu_{i-1}(dx_{i-1}) \nu_i^B(dx_i) \nu_{i+1}(dx_{i+1}) \dots \nu_N(dx_N))$.

The main result of present paper is

Theorem. Suppose that the sets X_i ($i \in \mathbb{N}$) are nonempty and compact and the payoff functions $f_i(x)$ ($i \in \mathbb{N}$) are continuous on $X = \prod_{i \in \mathbb{N}} X_i$ in the game Γ . Then there exists a Berge equilibrium situation in mixed strategies for the game Γ .

Proof. For the game $\tilde{\Gamma}$ we construct a Gernmayer convolution:

$$\tilde{\varphi}(\nu, \mu) = \max_{i \in \mathbb{N}} [f_i(\nu \parallel \mu_i) - f_i(\mu)],$$

where $\mu_i(\cdot) \in \{\nu_i\}$ and $\nu(\cdot), \mu(\cdot) \in \{\nu\}$. In view of (5) $f_i(\mu) = \int_X f_i(z) \mu(dz)$, $f_i(\nu \parallel \mu_i) =$

$$= \int_{X_1} \dots \int_{X_{i-1}} \int_{X_i} \int_{X_{i+1}} \dots \int_{X_N} f(x_1, \dots, x_{i-1}, z_i, x_{i+1}, \dots, x_N) \nu_N(dx_N) \dots \nu_{i+1}(dx_{i+1}) \mu_i(dz_i) \nu_{i-1}(dx_{i-1}) \dots \nu_1(dx_1),$$

$x_i, z_i \in X_i$ and $x, z \in X$.

The validity of the following assertion is established in the same way as the validity of the proposition from Subsection 4. If (ν^0, μ^0) is a saddle point of the function $\tilde{\varphi}(\nu, \mu)$, i.e.

$$\max_{\nu(\cdot) \in \{v\}} \tilde{\varphi}(\nu, \mu^0) = \tilde{\varphi}(\nu^0, \mu^0) = \min_{\mu(\cdot) \in \{\nu\}} \tilde{\varphi}(\nu^0, \mu),$$

then the situation in mixed strategies $\nu^B(dx) = \mu^0(dx)$ is a Berge equilibrium situation for the game Γ , i.e. this situation satisfies (6).

The proof is finished by applying of well-known in mathematical game theory assertions:

- a) if a function $\psi(x, z)$ is continuous on $X \times Z$ and the sets X and Z are compact, then the function $\max_{x \in X} \psi(x, z)$ is continuous on Z (therefore the function $\varphi(x, z)$ determined by (3) is continuous on $X \times X$);
- b) the Glicksberg theorem [8] of existence of a saddle point in mixed strategies for a zero-sum game.

Besides we apply some properties of mixed strategies obtained in [9, 10].

The authors would like to thank RFBR for financial support (grant 14-01-90408).

References:

1. J.F. Nash. Non-cooperative games // Ann. Math. 1951; 34. P. 286-295.
2. C.Berge. Théorie Générale des Jeux à n Personnes Games. Paris: Gauthier-Villars, 1957.
3. K.S.Vaisman. Berge Equilibrium. PhD Thesis, Saint-Petersburg State University, 1995 (in Russian).
4. V.I. Zhukovskiy, M.E. Salukvadze and K.S. Vaisman. The Berge equilibrium. Preprint, Institute of Control Systems Press, Tbilisi, 1994.
5. K.S.Vaisman. Berge Equilibrium. In: V.I. Zhukovskiy and A.A. Chikrii. Linear-Quadratic Differential Games, Naukova Dumka, Kiev, 1994
6. A.M. Colman, T.W. Körner, O. Musy and T. Tazdait. Mutual support in games: Some properties of Berge equilibria // Journal of Mathematical Psychology, 2011; 55(2), 1-10.
7. Nessian Rable, Larbani Moussa. Berge-Zhukovskii equilibria: existence and characterization // International Game Theory, 2014. Vol. 16. P. 12-30
8. I.L. Glicksberg. A further generalization of the Kakutani fixed point theorem, with application to Nash equilibrium points // Proc. Amer. Math. Soc., 1952; 3(1), 170-174.

9. V.I. Zhukovskiy, K.N. Kudriavtsev. Solving the conflicts under uncertainty. I. Analogue of saddle point // Mathematical game theory and applications. 2013, № 5, Vol. 1. P. 150-167.
10. V.I. Zhukovskiy, K.N. Kudriavtsev. Solving the conflicts under uncertainty. I. Analogue of maximin // Mathematical game theory and applications. 2013, № 5, Vol 2. P. 3-45.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ОБОЛОЧЕК

СТАРОЖИЛОВА О.В.

Россия, Поволжский ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И
ИНФОРМАТИКИ

Аннотация. Статья рассматривает вопросы моделирования нелинейных задач упруго - пластического деформирования оболочек, исследованию распределения напряжений, прогибов, зон пластичности, разгрузки, вторичных пластических деформаций по сечениям оболочки

Ключевые слова: Математическое моделирование, упруго - пластическое деформирование оболочек, вторично пластические деформации, зоны пластичности, разгрузки, распределения толщин многослойных оболочек.

Расширение сферы применения тонкостенных элементов приводит к необходимости возможно более полного учета реальных свойств материалов и деформативности конструкций. Условия эксплуатации требуют решения задач в упруго-пластической постановке, позволяющей определить истинный запас прочности.

Математическая модель решения дважды нелинейных задач деформирования гибких неоднородных оболочек использует пятимерное девиаторное пространство с последующим итерационным процессом.

Рассматриваются неоднородные многослойные оболочки переменной толщины и кривизны, удовлетворяющие условиям текучести Мизеса в каждом из слоев модели. Процесс нагружения реализован компонентами в девиаторных пространствах А.А.Ильюшина: пространства напряжений $\bar{\sigma}$, деформаций $\bar{\epsilon}$, деформаций срединной поверхности $\bar{\epsilon}^c$, изменений

кривизн срединной поверхности $\bar{\chi}$. Напряженно-деформированное состояние определяется симметричными тензорами напряжений и деформаций. Используется гипотеза единой кривой деформирования $\sigma_u = f(\varepsilon_u)$.

Связь между векторами напряжений и деформаций для применяемой теории пластичности имеет вид

$$\bar{\sigma} = N \bar{\varepsilon} + \bar{q},$$

где $N = 2G$, $\bar{q} = 0$ или $N = 2G_s$, $\bar{q} = 0$ - соотношения теории малых упруго-пластических деформаций, $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$ - модуль сдвига, E -

модуль упругости, $G_s = \frac{\sigma_u}{3\varepsilon_u}$ - секущий модуль к диаграмме деформирования. Связь между напряжениями и деформациями представима в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \varepsilon_{11}^c + z\chi_{11} \\ \varepsilon_{22}^c + z\chi_{22} \\ \varepsilon_{12}^c + 2z\chi_{12} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{pmatrix}$$

где $a_{11} = a_{22} = \frac{4G_s(1+G_{sk})}{1+4G_{sk}}$, $a_{12} = a_{21} = \frac{2G_s(1-2G_{sk})}{1+4G_{sk}}$, $a_{13} = a_{31} = a_{23} = a_{32} = 0$, $a_{33} = G_s$,

$$G_{sk} = \frac{G_s}{3K}, h_1 = \frac{1}{\sqrt{6}} \frac{(2-\mu)}{1-\mu} q_1 + \frac{\mu}{\sqrt{2}(1-\mu)} q_2, h_2 = \frac{1}{\sqrt{6}} \frac{2\mu-1}{(1-\mu)} q_1 + \frac{1}{\sqrt{2}(1-\mu)} q_2, h_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} q_3$$

Расчет упруго-пластических деформаций в оболочках выполняется последовательными приближениями по вычисляемым в сечениях перемещениям и усилиям. Силовые факторы: усилия и моменты, - определяются интегрированием напряжений σ_{ij} по толщине.

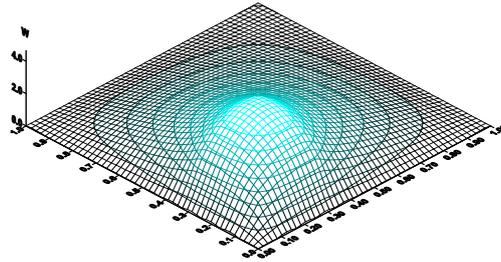


Рис.1 Моделирование процесса деформирования гибкой оболочки

Выявлены особенности упруго-пластического поведения оболочек, связанные с несимметрией нагрузки, граничных условий, распределением толщин. Построенная математическая модель учитывает сжимаемость материала и реальный вид диаграммы деформирования. Дано решение широкого класса несимметричных задач изгиба неоднородных оболочек переменной жесткости (рис.1).

Исследовано влияние на напряженно-деформированное состояние оболочек параметров геометрии, переменности толщины, граничных условий, характера нагружения, свойств материала, слоев в многослойных оболочках. Исследованы траектории напряжений и деформаций.

Разработанный пакет программ позволяет единообразно проводить расчет гибких слоистых оболочек с учетом упруго-пластических деформаций, прослеживать развитие зон пластичности, разгрузки, вторичных пластических деформаций. Установлено, что неоднородность свойств материала по толщине оболочки может приводить к качественному изменению распределения напряжений.

Моделирование задач деформирования нелинейных оболочек показали хорошую сходимость двухступенчатого итерационного метода, разработанного автором, при расчете упругопластического деформирования гибких неоднородных оболочек.

Список литературы:

1. Старожилова О.В. Метод моделирования нелинейных задач деформирования тонких оболочек. Проблемы нелинейной механики деформируемого твердого тела: Тр.Второй международной конференции. Казань,8-11декабря 2009г. – Казань: Казан.гос.ун-т, 2009.-с.367-369.
2. Старожилова О.В. Двухступенчатый итерационный метод в прикладных задачах упруго-пластичности//Обозрение прикладной и промышленной математики. 2002.Т.9,№3.С.655

SECTION 2.

CHEMICAL SCIENCES

УГЛЕРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ С ВЫСОКОЙ АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

БАВИЛОВ Е.С.¹, КОВАЛЕВ И.Н.¹, ЖЕРЕБЦОВ Д.А.²

¹Россия, ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

²Россия, Южно-Уральский ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. Восстановлением диоксида углерода получен новый углеродный материал. Исследованы его адсорбционные свойства. Установлено, что адсорбционная способность полученного материала существенно выше, чем у известных форм углерода.

Ключевые слова: углеродные материалы, адсорбция, нанотрубки, рентгенограммы.

В последнее время синтезирован ряд новых форм углерода, таких как фуллерены, нанотрубки [1]. Известны следующие методы получения углеродных наноматериалов: лазерная абляция [2], термическое распыление графитового электрода в плазме дугового разряда [3], каталитический пиролиз углеводородов [4]. В настоящее время идет активный поиск новых методов получения углеродных наноструктур [5].

Самым распространенным и доступным методом получения углеродных нанотрубок является пиролиз углеводородов. В поисках нового способа получения углеродных нанотрубок использована установка для пиролитического метода (рис. 1.).

В реакционную зону помещали керамическую лодочку с порошком магния. Продувая реакционную трубку аргоном под давлением 0,5 атм., нагревали зону реакции до 800°C, а зону предварительного нагрева до 150°C. После достижения необходимой температуры в систему запускали углекислый газ под давлением 0,2 атм. В результате взаимодействия согласно реакции

$\text{CO}_2 + 2\text{Mg} = \text{C} + 2\text{MgO}$, образуется углерод. Полученный материал обрабатывали кислотой, затем промывали водой до нейтральной реакции.

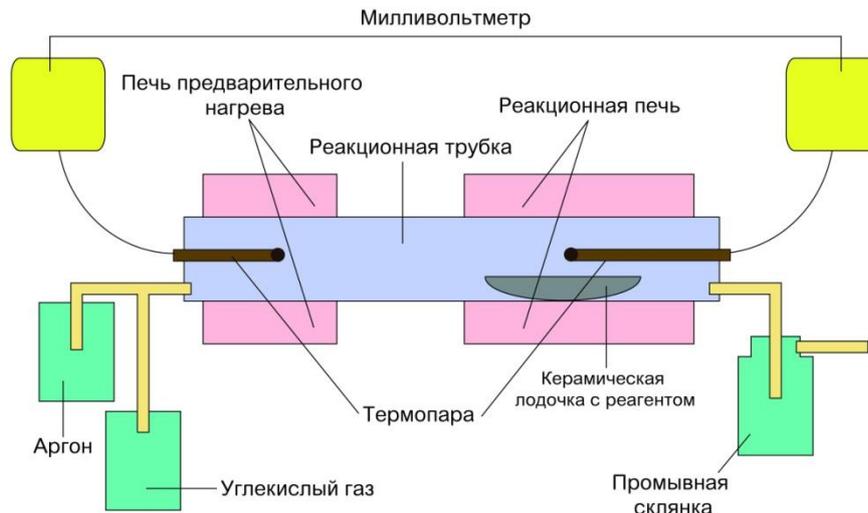


Рис. 1. Схема реактора для получения УНМ при взаимодействии диоксида углерода с магнием

Адсорбционные свойства полученного материала оценивали по адсорбции бензола. Для сравнения из мерииадсорбцию различных углеродных нанотрубок (УНТ), сажи и активированного угля марки БАУ. Результаты приведены на рисунке 2, в виде гистограммы отражающей прирост массы (в процентах) образцов в результате адсорбции (рис 2.).

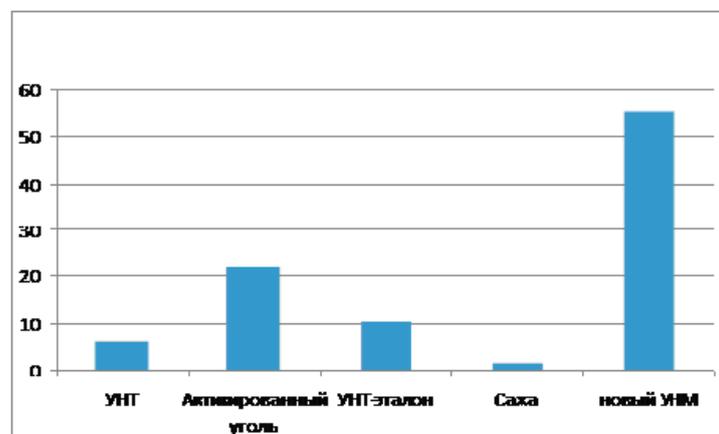


Рис. 2. Относительное увеличение массы углеродных материалов при адсорбции бензола

Из анализа данных следует, что полученный адсорбция полученного углеродного материала (УНМ) более чем в два превышает адсорбцию активированного угля, что говорит о высокой удельной поверхности нового материала. Поверхность полученного материала исследовали при помощи растрового электронного микроскопа "JEOL" JSM -6460 LV. Электронномикроскопические изображения образца полученного материала при различных увеличениях приведены на рис. 3. и 4.

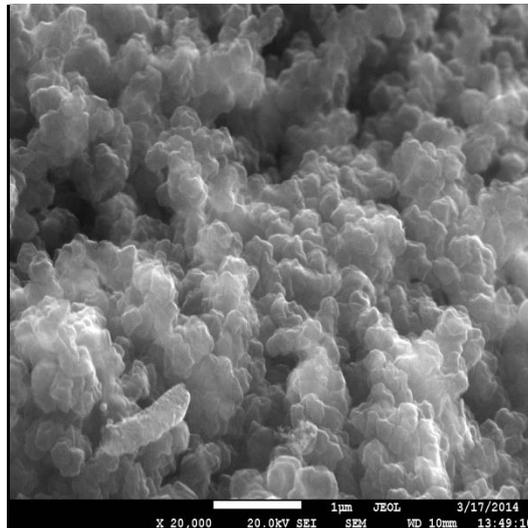


Рис. 3. Электронномикроскопическое изображение полученного УНМ при увеличении растрового электронного микроскопа в 20000 раз

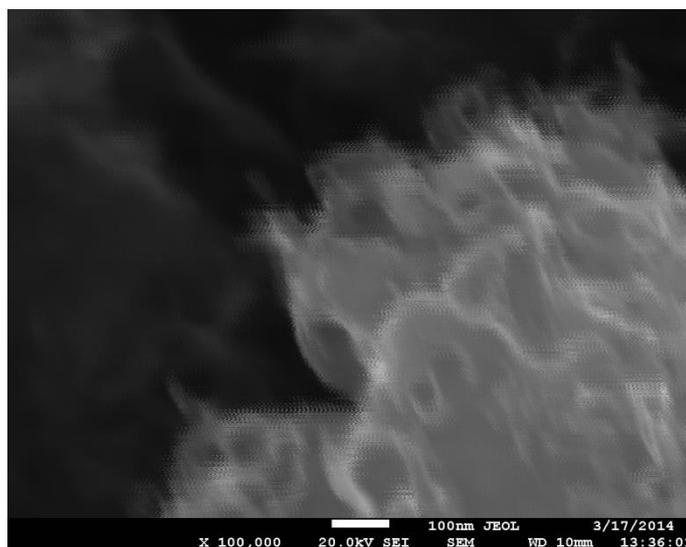


Рис. 4. Электронномикроскопическое изображение нового УНМ при увеличении растрового электронного микроскопа в 100000 раз

Форма частиц и строение поверхности полученного материала отличается от таковых для известных углеродных материалов (сажа, уголь, графит, нанотрубки). Отлична также структура полученного материала, о чем свидетельствуют данные рентгенографии (рис. 4).

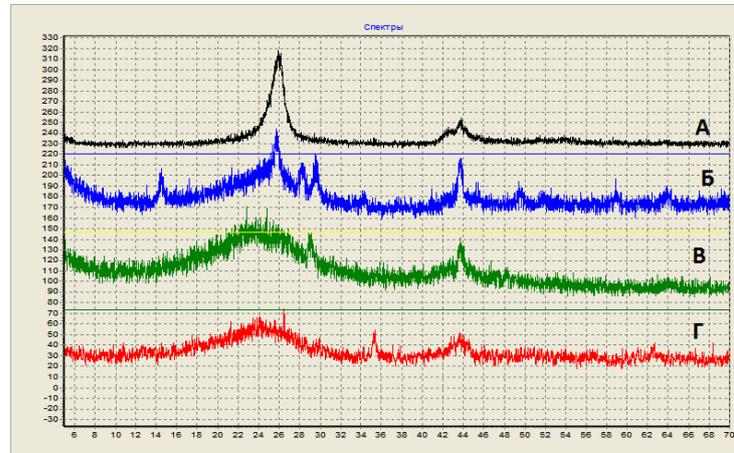


Рис. 4. Рентгенограммы углеродных нанотрубок (А), полученного углеродного материала (Б), активированного угля (В), сажи (Г)

На рентгенограмме полученного материала (рис. 4Б) наблюдается сильное малоугловое рассеяние, а также ряд линий, отсутствующих в рентгенограммах других углеродных форм. Таким образом, можно предположить, что полученный материал является новой формой углерода.

Список литературы:

1. Харрис П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. [Текст] / П. Харрис.– Москва.: Техносфера, 2003. - 336 с.
2. Гибсон Дж.А.Е. Нанотрубки. [Текст] / Дж.А.Е. Гибсон. – Лондон.: Nature, 1992. – 369 с.
3. Ииджима С.Я. Микротрубки графитоподобного углерода. [Текст] / С.Я. Ииджима. – Лондон.: Nature, 1991. – 156 с.
4. New Scientist [Текст]: научный журнал/ Reed Business Information Ltd. – 1956, ноябрь – Лондон.: Sumit Paul-Choudhury. Джонс Д.Е. Фуллерены – Новая Аллотропная Форма Углерода. 1986, № 2. - 5000экз.
5. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. – М.: Изд-во «Машиностроение –1», 2003 – 112 с.

ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФОКАТИОНИТА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

ГАБОРИК М.Д.¹, БОЧАРНИКОВ В.А.²

¹Россия, ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

²Россия, ЮГОРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Предложен способ переработки отработанных резинотехнических изделий в ионообменный материал. Полученный катионит имеет обменную емкость, сравнимую с катионитами, производимыми промышленно.

Ключевые слова: утилизация отходов, ионообменные материалы, катиониты.

Введение

Вопрос утилизации использованных автомобильных шин и покрышек в настоящее время для многих развитых стран мира стоит очень остро как в экологическом, так и в экономическом плане. В первую очередь, это связано с тем, что изношенные шины являются источником сильного загрязнения окружающей среды. Резина к тому же огнеопасна и мало подвержена биологическому разложению. Ежегодно во всем мире общий объем изношенных шин увеличивается на 10-15 млн тонн, а перерабатывается всего около 20% от их числа. В России и СНГ ежегодный объем выбрасываемых автошин оценивается цифрой более 1 млн тонн.

В основном отработанные шины подвергают размолу, полученную резиновую крошку используют в качестве наполнителей для различных резинотехнических изделий, покрытий для дорог и т.д. Предлагаемый

вариант переработки резиновой крошки позволяет получить катионит - продукт, широко используемый при очистке воды.

Метод получения катионита, основанный на реакции сульфирования непредельных углеводородов, сходен с методом изложенным в [1]. Для проведения сульфирования 15 грамм предварительно измельченной резины поместили в колбу объемом 100 мл. Колбу нагревали на песчаной бане до температуры 150 °С. При перемешивании добавляли 25 мл олеума (плотность 1,89 г/см³) в течении 60 минут. Сульфирование проводится в течении четырех часов.

Полученный продукт промывали дистиллированной водой на воронке Бюхнера до нейтральной реакции, сушили в сушильном шкафу при температуре 75 °С до постоянной массы. У полученного продукта определяли полную (ПОЕ) и динамическую (ДОЕ) обменную емкость. Обменную емкость материала определяли по сорбции ионов цинка натриевой формой катионита, согласно методикам, изложенным в [2]. Значения этих величин составили: ПОЕ = 1,36 мг-экв/г, ДОЕ= 0,52 мг-экв/г. Значение полной обменной емкости для промышленных катионитов следующее: КУ-2-8 (Высший сорт) - 1,8 мг-экв/г, КУ-1 1,35 мг-экв/г. Таким образом, получаемый сульфокатионит по основному показателю сравним с промышленными образцами.

Список литературы:

1. Бочарников В.А., Сидоренко Н.В., Андреев В.О. Способ получения сульфокатионита. Патент РФ RU 2241665 С1, 31.10.2005
2. Москвин Л.М., Царицина Л.Г. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Л.: Химия, 1991. 256 с.

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА АЛКИЛИРОВАНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА НА ПОВЫШЕНИЕ ВЫХОДА ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ГАЗАЛИЕВ А.М., КАБИЕВА С.К., ФЕДОРЧЕНКО В.И., ИБРАЕВ М.К., БАЛПАНОВА Н.Ж.

КАЗАХСТАН, КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. Исследовано влияние процесса алкилирования спиртами в присутствии минеральной кислоты на выход буроугольного воска из бурых углей Центрального Казахстана. Методом хромато-масс-спектрологии показано, что гексановый экстракт алкилированного угля содержит нативные сложные эфиры жирных кислот, дополнительно бутиловые эфиры этих кислот в результате алкилирующей обработки. Показано положительное влияние алкилирования на увеличение выхода восковых фракций битумоидов бурых углей.

Ключевые слова: твердые горючие ископаемые, органическая масса углей, горный воск, алкилирование бурых углей, экстрагирование.

Одним из наиболее эффективных способов увеличения растворимости твердых горючих ископаемых (ТГИ) является модификация органического вещества алкилированием. Применение процессов алкилирования и особенно О-алкилирования, молодых ТГИ, содержащих большое количество кислородсодержащих функциональных групп, приводит к значительной деполимеризации их структуры в мягких условиях [1].

Наиболее реакционноспособные объекты для такого вида модифицирования — торфы, бурые угли, каменные угли низких стадий метаморфизма и их окисленные формы, а также сапропелиты и сапромикситы, структура которых представляет собой плотноупакованные полиметиленовые цепи алифатических соединений, что при подходящих методах деполимеризации и модифицирования может послужить основой

для получения горного воска, алифатических карбоновых кислот, жидкого топлива и других ценных продуктов [2].

Наиболее приемлемым способом химического воздействия на угольное вещество представляется модифицирование углей с использованием недорогих реагентов при минимальных энергетических и капитальных затратах.

Одним из методов решения этой задачи является способ, включающий одновременные процессы модифицирования ТГИ, экстракции органических соединений из модифицированного ТГИ и получения раствора обессмоленного воска, которые совмещены во времени и протекают в одном реакторе, что позволяет упростить технологическую схему и удешевить процесс производства обессмоленного воска [3].

Данная работа посвящена изучению модифицирования углей на основе процессов алкилирования с использованием недорогих реагентов, с целью получения органических составляющих в виде битумоидов бурых углей.

В НИИ Новых материалов КарГТУ были проведены исследования по алкилированию и одновременному экстракционному извлечению органических составляющих бурых углей Центрального Казахстана (окисленные угли Шубаркольского месторождения, бурые угли Кумыс-Кудукского месторождения). Образцы углей были модифицированы изопропиловым спиртом при кислотном катализе в жидкой фазе. В качестве растворителей-экстрагентов были выбраны: гексан, петролейный эфир 70/100, циклогексан.

Эксперимент по алкилированию проводился в следующей последовательности. Навеска измельченного угля 5 г обрабатывалась при температуре кипения реакционной массы смесью углеводородных растворителей-реагентов и изопропилового спирта при их объемном соотношении от 1:0,5 до 1:3. Массовое соотношение твердой и жидкой фаз находилось в пределах от 1:5 до 1:15. В качестве катализатора использовалась растворимая в спирте кислота (щавелевая кислота) в концентрации 19 %. Время алкилирования – 0,5...5,5 часов (объем спирта и

время перемешивания выбираются в соответствии с матрицей планирования эксперимента для конкретного опыта). После завершения процесса реакцию массу разделяли на твердую и жидкую фазы фильтрованием. Жидкую фазу, состоящую из двух несмешивающихся растворов обессмоленного воска в углеводородных растворителях и смол в изопропиловом спирте, разделяли в делительной воронке. Затем из раствора обессмоленного воска отгоняли углеводородные растворители, которые возвращают в цикл, и получили целевой продукт - обессмоленный воск. Перегонку осуществляли на роторном испарителе.

Максимальный выход органических веществ наблюдался для углей Кумыскудукского месторождения при использовании гексана в качестве растворителя-экстрагента.

В целях получения зависимостей, количественно отражающих влияние основных факторов процесса алкилирования угля спиртом на результаты модификации, была применена методика планирования эксперимента с получением математических моделей в виде регрессионных уравнений [4].

Полученное уравнение регрессии имеет вид

$$Y = 5,744 + 2,54X_1 - 1,07X_2 + 0,15X_1X_2 - 0,338X_1^2 - 1,138X_2^2 \quad (1)$$

где X_1 – кодированное значение фактора времени алкилирования; X_2 – кодированное значение объема спирта.

Полученные зависимости адекватны при уровне значимости $\alpha = 0.95$. Наблюдалось хорошее совпадение результатов реальных опытов с модельным экспериментом.

Анализ моделей и ряд дополнительных экспериментов позволил определить оптимальные по выходу битумов условия алкилирования для исследуемого объекта. С учетом физических и технологических ограничений были проведены эксперименты при значениях кодированных переменных, соответствующих ими близких к оптимальным.

Частные зависимости выхода органических веществ от времени алкилирования. Полученные при обработке уравнения (1), представлены на рисунке 1.

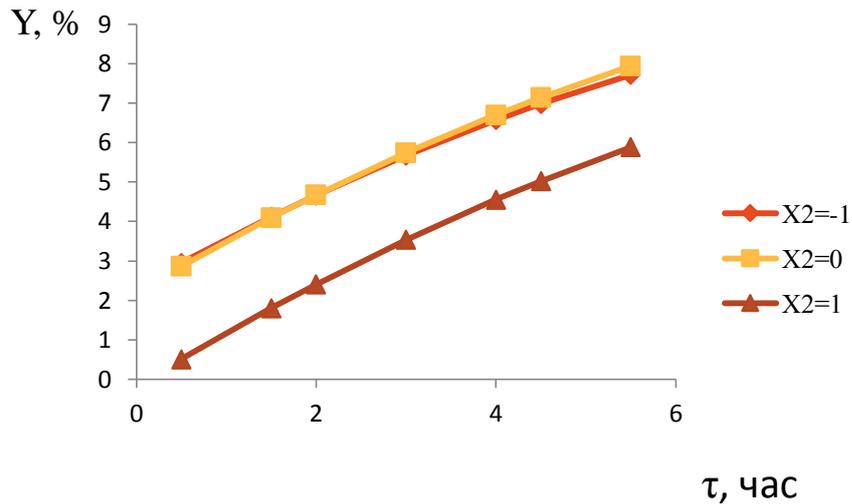


Рисунок 1. Зависимость выхода экстрагируемых веществ из углей Кумыс-Кудукского месторождения от времени процесса алкилирования

Из приведенного рисунка следует, что выход органических веществ увеличивается в линейном порядке в зависимости от времени алкилирования. Так, повышение времени на час увеличивает выход экстрагируемых веществ из угля в среднем на 1 %. Из представленных данных можно сделать вывод, что дальнейшее повышение времени алкилирования значительно увеличивает выход органических составляющих битумоидов бурых углей и он достигает точки оптимума в определенное время. Но, с практической точки зрения, дальнейшее повышение времени алкилирования является, по-видимому, нецелесообразным, так как возникает процесс кипения растворителя, что нарушает нормальный процесс алкилирования. Также с экономической точки зрения, повышение времени процесса алкилирования является нецелесообразным, так как это может привести к значительным энергетическим и капитальным затратам.

Частные графические зависимости выхода органической массы углей от объема спирта, представлены на рисунке 2.

Из рисунка видно, что выход органических веществ достигает явного максимума при объеме спирта около 40 мл при постоянном времени: $X_1 = \text{const}$. Так, повышение объема спирта с 25 мл до 40 мл увеличивает выход органических соединений, в среднем на 0,3 %. С дальнейшим повышением объема спирта наблюдается уменьшение выхода

экстрагируемых веществ. Так, повышение объема спирта с 40 мл до 75 мл уменьшает выход в среднем на 2,4 %. При оптимальном сочетании параметров максимальный выход составляет 8,2% от органической массы.

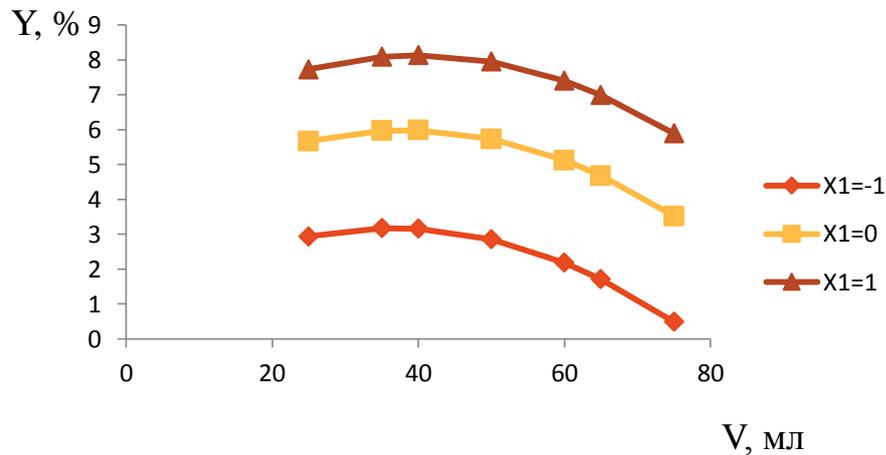


Рисунок 2. Зависимость выхода экстрагируемых веществ из бурых углей Кумыс-Кудукского месторождения от объема спирта

Таким образом, по регрессионному уравнению были определены оптимальные условия алкилирования. Из представленных данных можно сделать вывод о том, что практически во всех случаях максимальный выход экстрагируемых веществ достигается при объеме спирта около 40 мл и времени алкилирования 12 часов.

В целом регрессионные модели подтверждают положительное влияние алкилирующей обработки углей как на общее увеличение битуминозности, так и на выход органических составляющих битумоидов.

Состав гексановых экстрактов модифицированных и исходных углей изучали с привлечением метода хромато-масс-спектрологии.

Для установления состава гексанового экстракта использовался газовый хроматограф Agilent 7890A масс-селективным детектором Agilent 5975C.

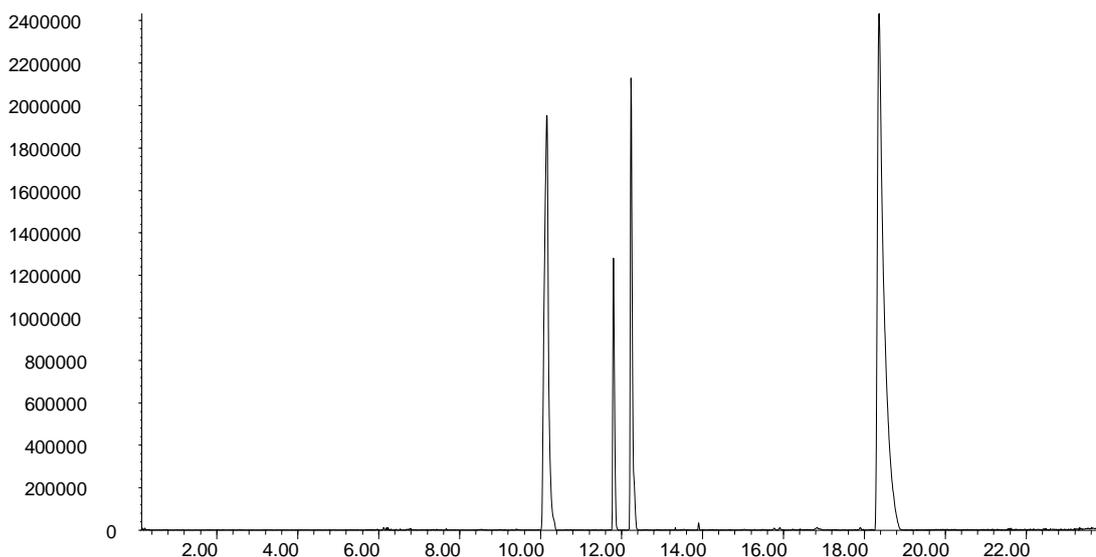


Рисунок 3. Хроматограмма гексанового экстракта алкилированных углей
 Фракционный состав гексановых экстрактов, определенные хромато-масс-спектроскопией, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Групповой состав экстрагируемых веществ по данным ХМС

Группы соединений	Состав гексанового экстракта, %	
	исходный уголь	модифицированный уголь
Алканы	20	23
Сложные эфиры природные	63	18
Сложные эфиры метиловые	-	32
Карбоновые кислоты	11	6
Спирты	6	21

Органические составляющие битумоидов исходных образцов углей представлены в основном алканами, спиртами и сложными метиловыми эфирами, что свидетельствует о процессах деструкции органической массы углей. Отмечено, что гексановый экстракт алкилированного угля содержит дополнительно бутиловые эфиры жирных кислот (32 %), что не характерно для экстракта исходного угля. Количество жирных кислот (11 %), присутствующих в гексановом экстракте алкилированного угля значительно меньше (6 %), чем в экстракте исходного угля. Присутствие сложных эфиров

с одновременным уменьшением доли карбоновых кислот объясняется протеканием реакции этерификации, а уменьшение сложных эфиров природного происхождения — реакции переэтерификации. Кроме того, гесановый экстракт, полученный из алкилированного угля, содержит заметно большое количество спиртов (21 %), что объясняется переэтерификацией изопропиловым спиртом соответствующих восковых эфиров с выделением спиртов. Появляются в значительном количестве бутиловые эфиры алифатических карбоновых кислот – продукт алкилирования органической массы угля (ОМУ).

Условия обработки исходного угля способствует увеличению выхода алифатической фракции. Рост общего выхода экстрагируемых веществ достигается в значительной степени за счет бутиловых эфиров моно- и дикарбоновых кислот, а также спиртов и алканов, что указывает на протекание процессов этерификации и переэтерификации. При оптимальном сочетании параметров максимальный выход составил 9,4 % от органической массы, тогда как исчерпывающая экстракция дала 1,4 %.

Таким образом, показано положительное влияние жидкофазного алкилирования на увеличение выхода алифатических фракций битумоидов бурых углей.

Список литературы:

1. Жеребцов С.И., Усова Т.В. Алкилирование бурых углей спиртами// Химия твердого топлива. – 2007. – № 3. – С. 53 – 59.
2. Жеребцов С.И., Усова Т.В. Взаимодействие бурого угля Александрийского месторождения с метанолом // Химия твердого топлива. – 2009. – № 6. – С. 8 – 15.
3. Жеребцов С.И., Исмагилов З.Р., Мусин Ю.В., Моисеев А.И. Способ получения обессмоленного воска // Патент РФ на изобретение № 2468067. Патентообладатели: Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, Институт катализа СО РАН. Опубликовано 27.11.2012 Бюл. № 33.
4. Саутин, С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии [Текст] / С.Н. Саутин.- Л., “Химия”, 1975. – 48 с., ил.

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПО ФОРМАМ В ВОДОЁМЕ

ЗОЛОТАРЁВ К. В., БЕЛЯЕВА Н. Ф., МИХАЙЛОВА М. В., НАХОД К. В., НАХОД В. И.,
МИХАЙЛОВ А. Н.

РОССИЯ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ ИМ.
В.Н. ОРЕХОВИЧА

Аннотация. Тяжелые металлы являются одной из приоритетных групп веществ, загрязняющих природные водоёмы. Контроль изменения уровней содержания металлов в водоёмах актуален и необходим, однако важно иметь информацию о формах, в которых металлы находятся в водоёме. Эти формы при известном допущении соответствуют фракциям взвешенных частиц определённого размера: частицы диаметром $> 1,2$ мкм – в основном, неорганические соединения металлов; от 0,2 до 1,2 мкм – органическая форма (прежде всего, биомасса микроорганизмов); менее 0,2 мкм – преимущественно ионная форма металлов.

В ходе данной работы был разработан и протестирован простой лабораторный метод анализа распределения металлов по фракциям. Пробы воды последовательно отфильтровывались на мембранных фильтрах с размером пор 1,2 и 0,2 мкм. Осадки вместе с фильтрами подвергались микроволновой обработке в растворе, близком по составу к царской водке; анализ содержания металлов выполнялся методом ИСП-МС, но возможно использование и других методов. По результатам анализа были чётко видны различия по распределению металлов в пробах воды различной чистоты и происхождения, по которым можно делать приблизительные выводы о формах нахождения металлов в этих образцах.

Ключевые слова: загрязнение, тяжёлые металлы, фракции, взвешенные частицы, мембранные фильтры, масс-спектрометрия.

Введение. Тяжелые металлы являются одной из приоритетных групп загрязнителей, попадающих в природные водоёмы. Их поступление в водную среду связано с природными и антропогенными источниками. Поступая в избытке и во много превосходя индивидуальные потребности организмов, металлы могут вызывать нарушения различных функций гидробионтов, накапливаться в их органах, превышая нормируемые величины. Поэтому контроль изменения уровней содержания металлов в водоёмах актуален и необходим [1]. Однако для определения источников загрязнения поверхностных водных объектов и их анализа данных об уровне загрязнения воды недостаточно. Необходимо определение источника выявленных загрязнений, иметь информацию о формах, в которых металлы находятся в водоёме. Под формой в данном случае понимается физико-химическое состояние элементов в конкретных условиях физико-химической обстановки. Для решения поставленной задачи необходимо определение генезиса загрязнений, однако до сих пор нет четкого понимания, каким образом необходимо выявлять его с помощью химических методов [2].

Одним из возможных подходов для решения этой задачи является фракционирование, т.е. разделение взвешенных в воде частиц, содержащих тяжёлые металлы, на фракции по их диаметрам с последующим анализом всех фракций, включая самую мелкую прямо в воде, на содержание металлов. В зависимости от размера частиц можно судить о формах нахождения металлов и их реальной или потенциальной опасности для водных экосистем. В литературе такой подход описан, хотя и применялся не так часто. Например, в работе Шкинева В. М. с соавт. [3] были получены фракции взвешенных частиц верхней Волги в районе г. Дубна. Однако получилось, что определялись только те металлы, что были исходно в ионной форме, поэтому они попадали в самую мелкую фракцию и её доля в распределении металла по фракциям составляла ок. 100%. Судя по всему, такой результат объясняется тем, что перед анализом не проводилось пробоподготовки, нацеленной на растворение полученных фракций и перевод металлов в ионную форму. Самый простой в исполнении и распространённый в настоящее время вариант такой

пробоподготовки – микроволновое нагревание проб в азотной кислоте, при котором за счёт постоянного объёма повышается давление, и температура значительно превышает точку кипения HNO_3 (83°C) при нормальных условиях. Таким образом достигается значительное повышение скорости реакций кислотного гидролиза соединений, что позволяет полностью растворять, например, оксиды металлов и нерастворимые соли. В аналогичных работах [4, 5] микроволновая пробоподготовка проводилась и распределение металлов по фракциям носило принципиально иной характер.

В таких работах существует 2 принципиальных подхода к технологии фракционирования взвесей. Более простой метод предполагает последовательную фильтрацию воды через мембранные фильтры из производных целлюлозы с определённым размером пор. Таким способом производилось фракционирование в упомянутых выше исследованиях. Другой способ – фракционирование в потоке при наличии поля (field-flow fractionation, FFF) – основан на разной скорости диффузии твёрдых частиц различного размера в поперечном сечении ламинарного потока текущей жидкости, что приводит к выстраиванию частиц в порядке убывания размера от начала потока к концу [6]. Такой подход позволяет автоматизировать фракционирование, но является технически сложным и дорогим, поэтому в текущей работе применялась последовательная фильтрация.

Материалы и методы. Фракционный состав определялся путём последовательной фильтрации исходной пробы воды на мембранных фильтрах в порядке убывания размера пор, после чего фильтры с осадком растворялись в царской водке, затем раствор разбавлялся и анализировался на содержание ионов металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Выделение фракций частиц производилось путём последовательного фильтрования проб воды через мембранные фильтры Millipore из нитратов и ацетатов целлюлозы (т.е. гидрофильные) с размерами пор 1,2 мкм и 0,2 мкм. Фильтр закреплялся в фильтродержателе; фильтрат сливался в колбу с подсоединённым водоструйным насосом. Вначале ёмкость с водой

встряхивалась для выравнивания размеров частиц по объёму, затем вода наливалась мерным цилиндром на фильтр с размером пор 1,2 мкм. Фильтрация проводилась до полного забивания фильтра, первичный фильтрат собирался в отдельную ёмкость для продолжения фракционирования. Оставшаяся часть пробы из воронки фильтродержателя сливалась в мерный цилиндр, что необходимо для измерения объёма воды, отфильтрованной к моменту забивания фильтра. Использованный фильтр вынимался и откладывался до следующего этапа. Далее первичный фильтрат встряхивался и фильтровался через фильтр с размером пор 0,2 мкм. Фильтрация проводилась также до забивания фильтра (объём остатка первичного фильтрата также учитывался) либо полностью до окончания первичного фильтрата. Использованный фильтр изымался до следующего этапа; из вторичного фильтрата отбиралась проба (ок. 5 мл) для анализа, остальной фильтрат сливался. Объём отфильтрованной воды на 1-м и/или 2-м этапах фильтрации может служить показателем мутности воды и концентрации взвесей.

Фильтры вместе с осадком на них подвергались микроволновой обработке в лабораторной печи Milestone Start D по методике, рекомендованной производителем для твёрдых осадков [7]. Фильтры помещались в керамические цилиндры и заливались раствором, близким по составу к царской водке – 75 об. % HNO_3 (исходная концентрация 65%), 25 об. % HCl (исходная концентрация 37%). Кислоты для приготовления раствора использовались особо чистые. Цилиндры закрывались и помещались в печь. Температурная программа обработки в печи: 4 мин при 90°C, 5 мин при 130°C, 14 мин при 190°C, мощность нагрева 1 кВт, затем охлаждение до 80°C (несколько ниже температуры кипения низкокипящего компонента смеси (HNO_3) при нормальном атмосферном давлении). Далее цилиндры вскрывались, отбирался необходимый объём раствора и разбавлялся деионизованной водой в 6 раз. Для учёта возможного содержания металлов в фильтрах, кислотах и воде аналогичным путём проводилось получение пробы из чистого фильтра.

Концентрации ионов металлов измерялись с помощью октопольного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7500ce. Данный

метод является на сегодняшний день наиболее современным и чувствительным (предел обнаружения – 1 нг/л). Рабочие параметры: давление аргона 7 ат, температура охлаждающей воды 12°C, остальные определялись при каждой серии измерений в ходе настройки. Настройка и калибровка прибора производилась с помощью калибровочного раствора, содержащего несколько ионов с большим диапазоном атомных масс (ионы Li^+ , Y^{3+} , Ce^{4+} , Tl^{3+} , Co^{2+}) с концентрацией 10 мкг/л. Значения концентраций ионов металлов в пробах пересчитывались с учётом разбавления на объём отфильтрованной воды на соответствующем этапе фильтрации.

Для выявления репрезентативности данного метода фракционного анализа, т.е. того, насколько очевидна и достоверна разница результатов фракционного анализа воды с заведомо разной степенью загрязнённости взвешенными частицами, было проведено сравнение результатов анализа в 2 парах проб. Все пробы собраны на водоемах, расположенных на территории г. Москвы, Россия. Первая пара – вода р. Яуза, недалеко от устья (Серебряническая наб. на пересечении с Тессинским пер.), имеющая высокую степень загрязнённости взвешенными частицами (прозрачность 25 см), и вода р. Москва в точке вхождения на территорию г. Москвы (под Спасским мостом, недалеко от пересечения МКАД и Волоколамского ш.), являющаяся достаточно чистой с точки зрения содержания взвешенных частиц (прозрачность 130 см). Вторая пара – вода поверхностного дождевого стока (собрана в низкой точке рельефа в районе д. 14 по ул. Генерала Ермолова), имеющая очень высокую степень загрязнённости взвешенными частицами (прозрачность 15 см), и вода выводящего канала Курьяновских очистных сооружений (КОС) в точке перед вхождением в русло р. Москва, имеющая достаточно высокую загрязнённость взвешенными частицами (прозрачность 40 см). Прозрачность измеряли с помощью диска Секки. Объём каждой пробы составлял 2 л, однако для мутных суспензий достаточно было 1 л или менее из-за забивания фильтров. Для консервации в пробы добавляли 0,5 г/л азиды натрия и хранили при 4°C.

Результаты и обсуждение. Для наибольшей наглядности результаты фракционирования удобно оценивать, сравнивая доли масс каждого

металла в каждой из 3 фракций. Распределение тяжёлых металлов по фракциям в пробах первой пары носило следующий характер (рис. 1):

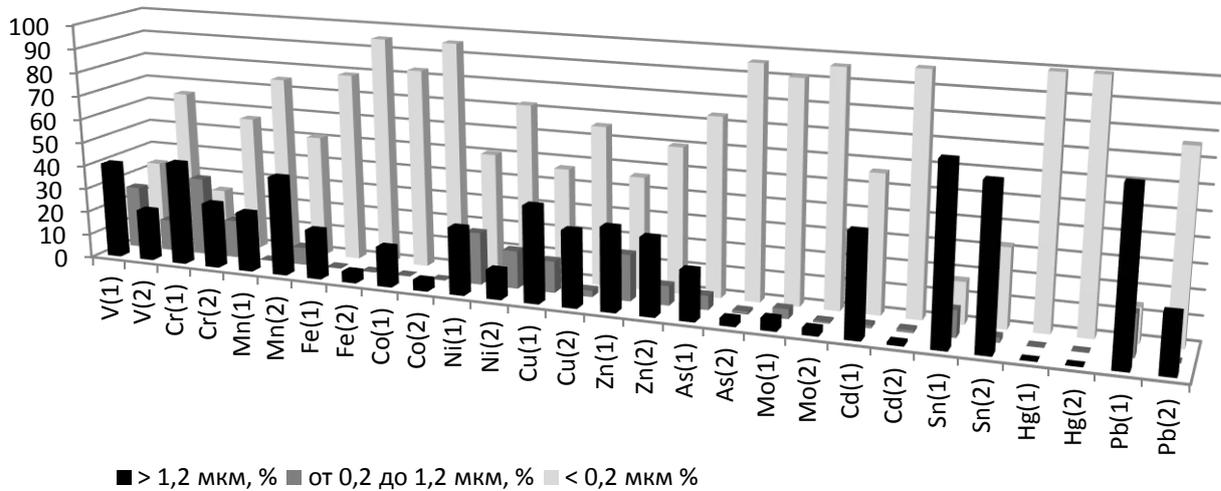


Рис. 1. Распределение тяжёлых металлов по фракциям:

1 – р. Яуза, 2 – р. Москва

Согласно рис. 1, большинство металлов (все, за исключением V, Cr, Sn и Pb) представлены, главным образом, в ионной форме. Что касается V, Cr и Pb, то для них наблюдается следующая тенденция – в пробе р. Яуза самое высокое содержание каждого из этих металлов находится в крупной фракции (>1,2 мкм), в пробе р. Москва – в мелкой фракции (<0,2 мкм).

Значительное различие в распределении металлов по фракциям наблюдается также для Fe, Ni, As, Cd. Для каждого из этих металлов наблюдается следующая однонаправленная тенденция – в пробе р. Яуза доля металла в крупной фракции больше, а в мелкой фракции (ионной форме) меньше, чем в пробе р. Москва.

Таким образом, можно сделать вывод, что в р. Яуза мутность вызвана, в основном, наличием неорганических соединений, содержащих тяжёлые металлы. Метод фракционного анализа позволил сделать приблизительное заключение о химическом составе взвешенных в воде загрязнений в мутной

речной воде при наличии образца сравнения – относительно чистой речной воды.

Распределение тяжёлых металлов по фракциям в пробах второй пары носило следующий характер (рис. 2):

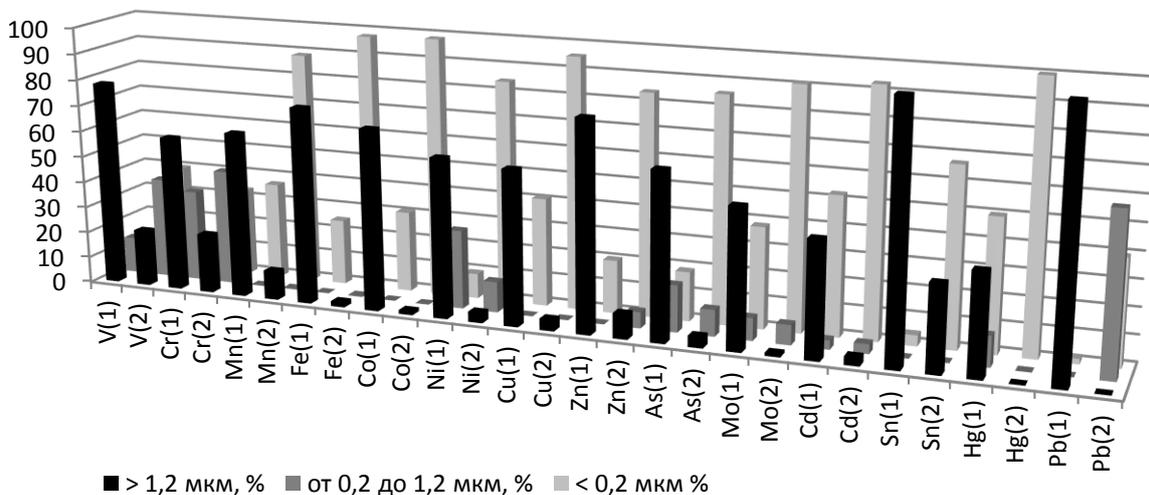


Рис. 2. Распределение тяжёлых металлов по фракциям:

1 – поверхностный сток, 2 – КОС

Согласно рис. 2, большинство металлов в пробе поверхностного стока (все, кроме Cd и Hg) представлены, главным образом, в крупной фракции, в то время как в пробе КОС большинство металлов (все, кроме V, Cr и Pb) представлены преимущественно в мелкой фракции (ионной форме). По этим данным можно судить о степени очистки воды на КОС от взвешенных загрязнений, поскольку поверхностный сток представляет собой воду до очистки, а вода выводящего канала КОС – после очистки. Видно, что технологическая схема КОС позволяет, в основном, очистить воду от взвешенных загрязнений, содержащих тяжёлые металлы. Однако V, Cr и Pb в очищенной воде преобладают в промежуточной фракции (0,2 – 1,2 мкм), характерной для большинства микроорганизмов. При отборе данной пробы отмечался сине-зелёный цвет воды, что говорит о высоком содержании водорослей. Таким образом, логично предположить, что значительная часть тяжёлых металлов находится внутри микробной

биомассы. Метод фракционного анализа позволил приблизительно оценить качество очистки сточных вод от взвешенных загрязнений и сделать оценочный вывод о форме, в которой тяжёлые металлы находятся в очищенной воде.

Заключение. Предложенный метод фракционного анализа взвешенных частиц является достаточно простым и быстрым по исполнению, при этом позволяет делать оценочные выводы о форме, в которой тяжёлые металлы находятся в воде (неорганические соединения, микроорганизмы, ионная форма и др.), а также оценивать эффективность работы очистных сооружений с точки зрения очистки от тяжёлых металлов в той или иной форме. Кроме того, он позволяет выявить различия в распределении по фракциям между теми или иными металлами.

Список литературы:

1. Марченко А. Л. Тяжелые металлы в массовых видах рыб из водоемов южного Приморья. – автореф. дисс., Владивосток, 2007.
2. Дружбин Г. А. Экологические проблемы малых рек и способы их решения: на примере Тульского региона – дисс., Тула, 2004.
3. Шкинев В.М., Трофимов Д.А., Данилова Т.В., Роговая И.В., Моржухина С.В., Карандашев В.К., Спиваков Б.Я. армированные трековые мембраны в методах оценки качества природной и питьевой воды. Журнал аналитической химии 2008; 63 (4): 363 – 370.
4. R. Wennrich, J. Mattusch, P. Morgenstern, T. G. Dzherayan, V. M. Shkinev, B. Y. Spivakov. Size and phase fractionation of water components by membrane filtration. Fresenius J Anal Chem (1997); 359: 161 – 166.
5. Montarges-Pelletier E, Duriez C, Ghanbaja J, Jeanneau L, Falkenberg G, Michot LJ. Microscale investigations of the fate of heavy metals associated to iron-bearing particles in a highly polluted stream. Environ Sci Pollut Res Int. 2014; 21 (4) :2744 – 2760.
6. Prestel H, Schott L, Niessner R, Panne U. Characterization of sewage plant hydrocolloids using asymmetrical flow field-flow fractionation and ICP-mass spectrometry. Water Res. 2005; 39 (15): 3541 – 3452.
7. Sludge. Application field: Environment. Digestion Application Note DG-EN-11. Milestone Inc., 2008.

УГЛЕРОДНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ С ВОДНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ

КИСЕЛЕВА Е.А., ШКОЛЬНИКОВ Е.И.

РОССИЯ, ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РАН

Аннотация. В работе приведены результаты испытаний симметричных угольных суперконденсаторов (серная кислота в качестве электролита), электроды которых изготовлены двумя способами (напыление и каландрирование) из двух углей: уголь марки ХН-00W1 (Китай) и уголь, разработанный авторами. Показано, что удельные характеристики суперконденсаторов существенно зависят от удельной массы электродов ($\text{мг}/\text{см}^2$), а также от способа их изготовления.

Ключевые слова: суперконденсатор, сернокислотный электролит, активированный уголь, каландрирование, напыление.

Введение

Перспективы применения гибридных энергоустановок транспортного и стационарного назначения дало новый толчок работам, связанным с созданием импульсных накопителей электрической энергии. Поэтому в последнее время проводятся многочисленные исследования двойнослойных суперконденсаторов (СК).

В качестве электродных структур для суперконденсаторов широко применяются углеродные материалы. Причиной этого является ряд уникальных свойств углерода, таких как, высокая коррозионная стойкость, достаточная электронная проводимость, высокая температурная стойкость, возможность регулировки значений удельной поверхности и других параметров пористой структуры в процессе синтеза [1]. Кроме того, многообразие форм углеродных материалов также позволяет более гибко подходить к выбору электродных материалов СК. На энергоёмкость

угольного электрода влияют такие свойства углеродного материала как: тип исходного сырья, его дисперсность и элементный состав, режимы предпирилиза и активации, модификация после активации и др. [2]. Для эффективного формирования двойного электрического слоя в суперконденсаторах необходимо обеспечить высокоразвитую поверхность электродных материалов. Именно поэтому одним из самых распространенных электродных материалов является активированный уголь с большой удельной поверхностью.

Оптимизация структуры углеродных материалов и электродов на их основе является в настоящее время приоритетным направлением работы по повышению удельных характеристик суперконденсаторов.

Экспериментальная часть

В работе использовались два вида активированных углей: 1). Уголь марки ХН-00W1 (Китай) и 2). Уголь, разработанный нами, обозначен Т-0. Уголь ХН-00W1 по данным производителей разработан специально для суперконденсаторов с водным электролитом. По нашим данным он обладает одними из самых высоких электрохимических характеристик, среди активированных углей, имеющих в продаже. Основные характеристики исследуемых углей приведены в табл. 1. Емкость определялась, как удельная емкость одного электрода, полученная при разряде током 0.34 А/г в водном электролите (4.9 М H₂SO₄).

Табл.1 - Характеристики углей

	ХН-001W	Т-0
Площадь поверхности (метод БЭТ), м ² /г	2100	3400
Медианный размер частиц, мкм	10	10
Максимальный размер частиц, мкм	30	50
Зольность, %	0.4	0.25
Емкость, Ф/г	254	310
Сырье	Нефтяной пек	Древесина

Электроды для СК изготавливались двумя методами: методом напыления на электропроводящую подложку – фольгу из терморасширенного графита и методом каландрирования.

Напыление. В качестве связующего использовалась водная суспензия Nafion (4% от массы сухого электрода). Уголь смешивался с этиловым спиртом и деионизованной водой, затем добавлялся раствор Nafion. Полученная смесь распылялась на нагретую подложку под давлением воздуха через сопло на специальной автоматической напыляющей установке. Некоторые из напыленных электродов подвергались прессованию на высокоточном прессе Carver 4PR1B0.

Каландрирование. В качестве связующего использовалась водная суспензия фторопласта Ф-4Д (4% от массы сухого электрода). Уголь смешивался с этиловым спиртом, затем добавлялась суспензия фторопласта. Полученную смесь перемешивали до тестообразного состояния и затем раскатывали на валках.

После изготовления электроды высушивались и пропитывались в растворе 4.9 М серной кислоты под вакуумом. В качестве межэлектродного сепаратора использовалась пористая полипропиленовая мембрана толщиной 10 мкм. Площадь электродов 4.15 см². В качестве подложки-токосъема использовалась фольга из терморасширенного графита, толщиной 200 мкм, пропитанная специальным наполнителем для обеспечения непроницаемости фольги для электролита.

Сборка электродов осуществлялась следующим образом. Электроды, разделенные пропитанным электролитом сепаратором, прижимались с обеих сторон фольгой из терморасширенного графита. Ячейка зажималась (давлением 10 атм) между титановыми пластинами, к которым присоединялись клеммы потенциостата (Elins 30-S, Черноголовка). Контактное сопротивление между титановыми пластинами и ячейкой СК, а также остальных электрических коммутаций составляло не более 2% от внутреннего сопротивления СК. В расчетах вклад данного сопротивления не учитывался.

Энергоёмкость СК определялась при его полном разряде постоянным током после пятиминутной выдержки при разности потенциалов 1 В. Внутреннее сопротивление рассчитывалось по падению напряжения при скачке тока в начале разряда СК.

Результаты и их обсуждение

На угле ХН-001W при малых токах разряда раскатанные электроды имеют близкие параметры – 8-8,5 Вт*ч/кг сухого угля. Несмотря на то, что удельная масса напыленных электродов была меньше, чем раскатанных, их энергетические характеристики оказались довольно низкими - 6,76-7,15 Вт*ч/кг сухого угля. При близких плотностях электродов коэффициент k оказался значительно ниже ($k=1,4$), чем в случае раскатанных электродов ($k=2$). По всей видимости, сформированная методом напыления структура не смогла обеспечить достаточный доступ электролита в поры угля для эффективного формирования двойного электрического слоя и запасания емкости. Это может быть связано с особенностями Nafion, примененного в качестве связующего.

На угле Т-0 при малых токах разряда и малых толщинах энергоемкости напыленных электродов превышают энергоемкости раскатанных. Из табл. 2 видно, что в отличие от угля ХН-001W коэффициенты k в случае напыленных и раскатанных электродов из угля Т-0 близки – 2,72 и 2,76 соответственно. В угле Т-0 присутствует объем относительно крупных мезопор, которых нет в угле ХН-001W. Эксперимент с напыленными электродами, прошедшими 5-этапное прессование, будет обсуждаться ниже.

При больших токах разряда сильное различие в характеристиках связано главным образом с внутренним сопротивлением. Внутреннее сопротивление СК с напыленными электродами выше, чем при использовании электродов, изготовленных методом каландрирования. Это проявляется как на угле ХН-001W, так и на угле Т-0. Скорее всего, это связано с особенностями формирования структуры электродов при различных способах их изготовления. У напыленных электродов более рыхлая структура чем у раскатанных. Вследствие этого, контакт частиц угля друг с другом и, главным образом, с токопроводящей подложкой в случае напыленных электродов намного хуже, чем в случае раскатанных. Тем не менее, тонкие напыленные электроды показывают наилучшие характеристики даже при больших токах. Для намоточных конструкций СК с

тонкими подложками-токосъемами они могут оказаться предпочтительней раскатанных.

Напыленные электроды можно прессовать, увеличивая плотность электродов, в отличие от раскатанных, которые подвергаются сжатию при формовании, а при прессовании разрушаются. В табл. 2 в последней строке показаны результаты эксперимента, в котором электроды изготавливались из угля Т-0 с поочередным напылением и прессованием давлением 1000 атм в 5 этапов.

Табл. 2 - Сравнение характеристик СК с электродами из разных углей

Уголь		Толщина электрода, мкм	$M, \text{ мг/см}^2$	k	Плотность электрода, г/см^3	Удельная емкость угля в электроде $\Phi/\text{г}$	Удельное внутреннее сопротивление (ESR), $\text{Ом}\cdot\text{см}$
ХН-00W1	Раскатка	400	23.2	2	0.58	245	4.4
	Напыление	57	2.95	1,4	0.52	210	48
Т-0	Раскатка	300	12.3	2,76	0.41	280	4.5
	Напыление	210	7.8	2,72	0.37	296	28
	Напыление 5 этапов	310	14.7	1,57	0.47	245	75

Такой подход привел к увеличению плотности электрода до 0.47 г/см^3 (по сравнению с 0.37 г/см^3 без подпрессовок) и уменьшению k до 1.57 (у электродов, изготовленных без подпрессовок, коэффициент k составлял 2,7). Уменьшение электролита в электродах отрицательно повлияло на их удельную емкость, которая составила 245 Ф/г в отличие от электродов без прессования - 296 Ф/г . Электрохимические характеристики суперконденсатора в расчете на сухую массу электродов с такими электродами значительно ниже других вариантов, однако в расчете на массу ячейки, данный СК при малых токах разряда демонстрирует одни из лучших характеристик. При больших токах разряда энергоемкость СК очень низкая - $1 \text{ Вт}\cdot\text{ч/кг}$ сухого электрода и $0,29 \text{ Вт}\cdot\text{ч/кг}$ ячейки. Это связано с резким возрастанием внутреннего сопротивления СК до значения $75 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ (табл.2), что, по всей видимости, обусловлено недостатком электролита в системе и затрудненной транспортной доступностью.

Сохранение электрической емкости СК при уменьшении количества электролита в электродах является одним из направлений повышения удельных характеристик СК. Однако просто откачать из электрода избыточное количество электролита можно лишь в небольших пределах: при избыточном удалении электролита начинает резко увеличиваться внутреннее сопротивление СК и падает емкость. Вероятно, теряется связность электролита по крупным транспортным макропорам между микропорами, в которых главным образом происходит формирование двойного электрического слоя.

Выводы

Обобщая вышеописанное, можно сказать, что технология изготовления электродов СК играет важную роль при решении задачи повышения удельных характеристик СК в расчете на массу конструкции. Избыточное количество электролита в электродах приводит к сильному падению удельных характеристик. Недостаток электролита сильно сказывается на внутреннем сопротивлении и запасаемой емкости. Таким образом, результаты данного исследования инициируют новую работу, направленную на определение необходимого количества электролита в электродах главным образом путем оптимизации внутренней микро-мезопористой структуры активированного угля и макропористой структуры электродов. Результаты работы будут опубликованы в ближайшем будущем.

С точки зрения дальнейшего внедрения данных технологий в массовое производство суперконденсаторов технология каландрирования более предпочтительна, т.к. она легче реализуема. С ее помощью можно изготавливать электроды больших толщин, обладающих низким сопротивлением и достаточно высокими энергоемкостями. Технология напыления может найти применение в специализированных нишах.

Список литературы:

1. *Pandolfo A.G., Hollenkamp A.F. Carbon properties and their role in supercapacitors // Journal of Power Sources. 2006. V. 157. P. 11–27*

2. *Xu B., Chen Y., Wei G., Cao G., Zhang H., Yang Y.* Activated carbon with high capacitance prepared by NaOH activation for supercapacitors // *Materials Chemistry and Physics*. 2010. V. 124. P. 504-509.

PROMOTION EFFECT AND ROLE OF ANTIMONY IN OXIDATIVE DEHYDROGENATION OF ISOBUTANE OVER ALUMINA SUPPORTED V-Sb OXIDE CATALYSTS

SARDARLY A.M., VISLOVSKIY V.P., SULEYMANOV G.Z., TAGIYEV D.B.

AZERBAIJAN, INSTITUTE OF CATALYSIS AND INORGANIC CHEMISTRY NAMED AFTER
ACADEMICIAN M. NAGIYEV, AZERBAIJAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, BAKU

Abstract. Dehydrogenation of isobutane in the presence of oxygen has been studied over alumina supported vanadium (V/Al) and vanadium-antimony (VSb/Al) oxide catalysts. Their catalytic behaviors at 550°C were compared with the sample characterization data obtained by several physico-chemical methods: BET specific surface area, X-ray diffraction, X-ray photoelectron spectroscopy, hydrogen temperature-programmed reduction, temperature programmed desorption of oxygen, *in situ* DRIFTS (diffuse reflectance-absorption infrared Fourier transform spectroscopy), and *in situ* DSC (differential scanning calorimeter) methods. VSb/Al catalyst exhibited, at high catalytic activity, the enhanced on-stream stability compared to V/Al oxide. In the presence of modifier, antimony oxide, the amount of active mobile oxygen species and their reactivity in redox transformations is improved. As a result, VSb/Al oxide displays high catalytic activity together with lower coking activity and higher on-stream stability.

Keywords: isobutane; oxidative dehydrogenation; isobutylene; vanadium oxide; catalyst; alumina support; antimony oxide; modification.

Introduction

Isobutylene is valuable and versatile chemical intermediate. Now isobutylene is produced commercially by large-scale process of isobutane dehydrogenation over chromia-alumina catalyst [1-7]. Meanwhile, this process is thermodynamically limited and very energy-consuming. Oxidative

dehydrogenation (ODH) of isobutane attracts attention as a potential alternative process due to the use of oxygen as oxidant displaces the dehydrogenation equilibrium, thus making the ODH process exothermic. However, over the known catalysts, the olefin selectivity is relatively low because in the presence of strong oxidant, oxygen, intense formation of carbon oxides, oxygenates and coke takes place. The challenge is to improve catalytic performance with respect to isobutylene formation as well as the catalyst on-stream stability. Many of the catalysts described in the literature for the ODH of light paraffins are based on vanadium oxide [1-7]. Among them, V-Sb-O complex oxides are well known as highly efficient catalysts for prospective industrial process of ammoxidation of propane to acrylonitrile [8], partial oxidation of toluene to benzaldehyde, oxidation of H₂S as well as for selective reduction of NO with ammonia. As it will be shown, the alumina - supported V-Sb oxides are also rather active and selective in the ODH of isobutane. Few studies, however, have been presented to explain the role of antimony as a promoter for these kinds of catalysts. Existing information about factors controlling the catalytic behaviors of these systems is still scarce. This paper is devoted to clarify in details the nature of antimony doping effect on the catalytic performance in the ODH of isobutane. A set of techniques (BET specific surface area), XRD (X-ray diffraction), XPS (X-ray photoelectron spectroscopy), H₂-TPR (temperature programmed reduction by hydrogen), O₂-TPD (temperature programmed desorption of oxygen), *in situ* DRIFTS (diffuse reflectance-absorption infrared Fourier transform spectroscopy), *in situ* DSC (differential scanning calorimeter) has been used to elucidate the relationships between catalytic properties and catalysts characterization data.

Experimental

The catalysts were prepared by impregnation of amorphous γ -alumina ($S_{\text{BET}} = 85 \text{ m}^2/\text{g}$, grain size 0.3-0.8 mm) with mixed aqueous solutions of NH_4VO_3 and SbCl_3 with further evaporation and calcination at 600°C. Total amount of the supported component(s) was about 19 wt. %. The ODH of isobutane was studied in a fixed-bed quartz U-shape reactor at 550°C; initial gas feed was: $i\text{-C}_4\text{H}_{10}:\text{O}_2:\text{N}_2=20:10:70$ and $\text{GHSV}=900\text{h}^{-1}$. *in-situ* DRIFTS spectra were recorded by IFS 88 Bruker Fourier Transform spectrophotometer in flows of $i\text{-C}_4\text{H}_{10}, \text{O}_2$, or $i\text{-C}_4\text{H}_{10}/\text{O}_2$ mixtures in dry He in 20-550°C range. Heats of reduction and

re-oxidation were measured using Setaram DSC-111 differential scanning calorimeter with on-line GC analysis. O₂-TPD studies were performed in the same DSC set-up.

Results and discussion

Catalytic tests The Sb/Al and Sb-rich VSb/Al catalysts are not effective for olefin formation. Non-modified V/Al catalyst shows good initial ODH activity (isobutane conversion after 1h time-on-stream was 39.5 %) which declines after 2.5h on-stream to 29.5 %; initial isobutylene selectivity (~ 64 %) remains almost the same. The best binary VSb/Al catalyst exhibits the initial isobutane conversion of 36.5 % and olefin selectivity 70 % providing thus the initial yield of i-C₄H₈ of ~26 %. This initial yield is very close to that was observed initially for V/Al (27 %) but remains unchanged after 4h on-stream; most of studied Sb-containing samples also demonstrate stable activity and selectivity. Almost equal initial catalytic activities and selectivities of both individual V/Al and Sb-modified VSb/Al systems imply that their catalytic properties are mostly determined by vanadium oxide and stabilized by antimony in VSb/Al samples. The main reason why the activity of the V/Al catalyst rapidly decreases is coke formation. It was proved by intense CO_x evolution during the reoxidation of the used V/Al catalyst by air pulses at 550⁰C. Reoxidation of the used VSb/Al systems also was accompanied by CO_x evolution, but in very small amounts.

XRD study of fresh and used V/Al and VSb/Al catalysts has shown that besides weak diffraction lines of Al₂O₃, the distinct reflections of the V₂O₅-phase, shcherbinaite (41-1426 file in the JCPDS database), are observed in the fresh V/Al. After catalytic testing, the V₂O₅-type phase transforms into V₂O₃, karelianite (34-0187). On other hand, both fresh and used VSb/Al catalysts do not contain crystalline V₂O₅-phase, but instead, the XRD pattern of some of them points to the presence of mixed vanadium-antimony oxide phase. This phase is assignable to V_{1.1}Sb_{0.9}O₄ by means of most intensive peak 2θ = 26.687 ° (file 47-1496 in the JCPDS database).

Table - XPS analysis of V/Al and VSb/Al catalysts and results of deconvolution of V 2p_{3/2} peaks of the catalysts used in the ODH of isobutane

Sample	V2p _{3/2}		Sb3d _{3/2}		V ⁵⁺			V ⁴⁺			V ³⁺		
	BE	FWHM	BE	FWHM	BE	FWHM	%	BE	FWHM	%	BE	FWHM	%
V/Al (F)	517.2	1.90											
V/Al (U)	517.1	3.16			517.5	2.27	49.5	516.0	2.26	33.7	515.0	2.53	16.8
VSb/Al (F)	517.6	2.18	540.2	2.34									
VSb/Al (U)	517.7	2.34	540.2	2.07	517.8	2.80	83.9	516.0	2.80	16.1	-	-	-

BE, binding energy, eV; FWHM, full width at half maximum, eV; F, fresh, U, used

Table summarizes spectral parameters of V and Sb supported components and results of deconvolution of V 2p_{3/2} peaks taken from XPS spectra of the samples after catalytic reaction. The binding energies (BEs) of V 2p_{3/2} peaks (517.2-517.6 eV) for fresh V/Al and VSb/Al catalysts are corresponded to V⁵⁺ species. However, the increased value of the peak full width at half maximum, FWHM (from 1.9 eV for fresh V/Al to 3.16 eV for this used catalyst) has revealed the notable reduction of surface vanadium species during the reaction over V/Al catalyst. The incorporation of antimony into V/Al increases the BE (and oxidation state) of surface vanadium species. VSb/Al catalyst shows the BE for Sb 3d_{3/2}, identifying as Sb⁵⁺ species. Parameters of Sb 3d peaks for these samples remain unchanged after catalytic runs. To interpret the change of FWHM of the V 2p_{3/2} peaks after reaction, they were fitted for V⁵⁺, V⁴⁺, and V³⁺ components. The results of deconvolution point out that the presence of antimony increases the content of V⁵⁺ very much as compared to that of the V/Al catalyst; the used VSb/Al catalyst practically does not contain V³⁺ species as deeply reduced oxidation state.

H₂-TPR profiles of V/Al and VSb/Al catalysts are presented in Fig. 1.

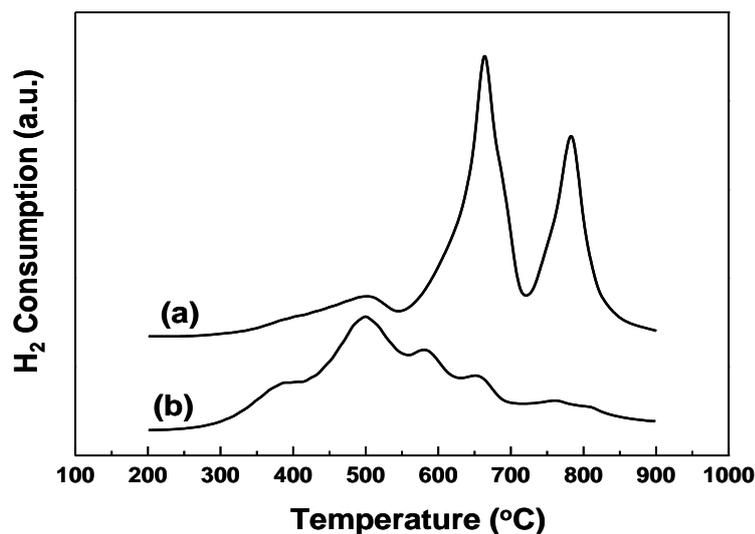


Figure 1. H₂-TPR profiles of (a) V/Al and (b) VSb/Al catalysts

H₂-TPR profiles of (a) V/Al and (b) VSb/Al catalysts are presented in Fig. 1. The reduction pattern of the V/Al sample comprises three peaks, i.e., two intense and sharp high-temperature peaks centered at 663 and 783°C and low-temperature peak centered at 500°C. The high-temperature peaks are similar to those detected in the literature, which are attributed to the reduction of bulk vanadium pentoxide to V₆O₁₃ at 663°C and to V₂O₄ at 783°C. The low-temperature peak is analogous to the peak that was assigned to the reduction of supported V₂O₅-phase in the VO_x/α-Al₂O₃ system [9]. Judging from the result, it is reasonable that the high-temperature peaks correspond to the reduction of three-dimensional V₂O₅, whereas the low-temperature peak corresponds to the surface vanadium oxide dispersed on the support. For the H₂-TPR profile of the VSb/Al catalyst, the high-temperature peaks centered at 783°C disappears completely and the intensity of the second one centered at 655°C decreases greatly. Instead, the low-temperature peak becomes the dominant one. The broadening of this peak implies a higher heterogeneity and reducibility of vanadium species. These H₂-TPR data clearly showed that modification with antimony promoter of V/Al system increases the reducibility of surface vanadium oxide and enhances the amount of mobile supported oxygen species.

O₂-TPD method revealed that V/Al catalyst releases only 0.9 μmol O₂/g while heating to 670°C. Oxygen desorption from alumina-supported antimony oxide starts at 580 °C; 28 μmol O₂/g were detected. During O₂-TPD from VSb/Al catalyst, which starts at 510°C, 52μmol O₂/g were detected. This shows a synergy between components and suggests the formation of new active oxygen species on the VSb/Al system, which are not presented in individual supported oxides.

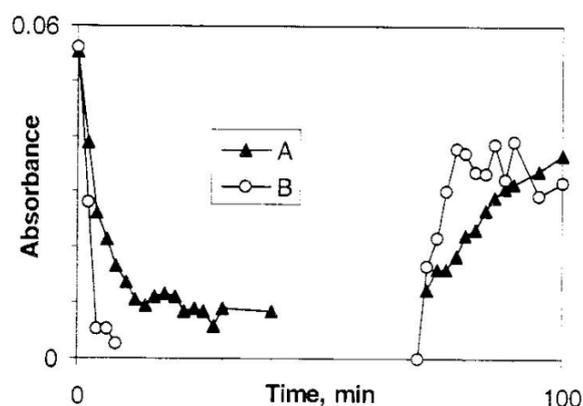


Figure 2. Variations in absorbance of band at 2000 cm⁻¹ from DRIFTS spectra of V/Al (A) and VSb/Al (B) samples upon subsequent dosing of isobutane (0-40 min) , O₂ (40-70 min), and He (70-100 min) at 450°C

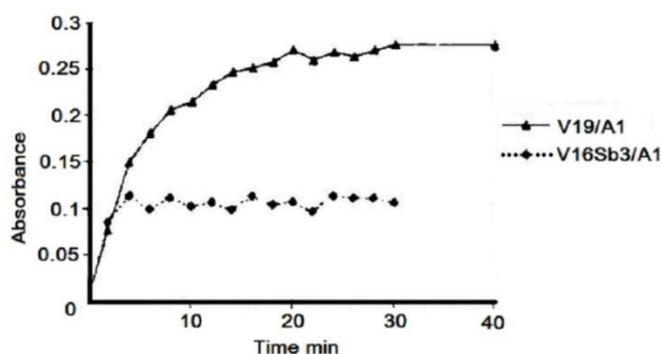


Figure 3. Intensity of 1560-cm⁻¹ band at 450°C on V/Al and VSb/Al catalyst during interaction with isobutane flow

in situ DRIFTS technique provided information about redox behavior of V/Al and VSb/Al catalysts. V=O band at 2000 cm⁻¹ was used to estimate the reduction degree of vanadium oxide component. This band disappeared when vanadium ions are reduced approximately to V³⁺ state. It is seen that VSb/Al catalyst

demonstrates (curves B) higher rates both of vanadium reduction by isobutane as well as higher rates of its reoxidation in O₂ than V/Al sample shows (curves A).

Concluding remarks

It is generally accepted [1-4] that catalytic performance in selective oxidations of hydrocarbons over vanadium oxide-based catalysts is determined with redox properties of surface vanadium species operating according to Mars – van Krevelen redox mechanism [10]. This is the case also for the ODH of isobutane over V/Al and VSb/Al systems. The surface and even the bulk of the catalytically unstable V/Al system is reduced strongly under reaction conditions (XRD, XPS): V₂O₅-type phase transforms into V₂O₃, and the latter is able to be reoxidized to V₂O₅ in a flow of air restoring its yellow color and initial catalytic activity. The effective redox cycle on V/Al and VSb/Al catalysts would be likely to occur only between V⁵⁺ and V⁴⁺. Accumulation of V³⁺ seems to be one of the main reasons of the deactivation of V/Al catalyst. The reoxidation of these strongly reduced active sites can become the rate-limiting step decreasing the on-stream activity of individual V/Al oxidized due to non-properly regenerated V-containing active site. The observed enhancement of the catalytic behavior as a result of addition of antimony oxide seems to be related with the improved catalyst reducibility and the increased amount of mobile oxygen species (Fig.1, H₂-TPR data).

The reduction degree of vanadium component and the rates of redox transformations on the surface of V/Al and VSb/Al catalysts were evaluated by *in situ* DRIFTS technique. Using V=O band at 2000 cm⁻¹ that disappeared when vanadium ions are reduced approximately to V³⁺, it was estimated the valence of vanadium ions during their reduction in flow of isobutane at 450°C. It was also seen that Sb-modified VSb/Al catalyst demonstrates higher rates of vanadium reduction as well as rates of its reoxidation than those for V/Al sample (Fig. 2).

Interaction of isobutane flow with binary VSb/Al catalyst at 20°C leads to the formation of some adsorbed species whose temperature-programmed desorption proceeds with formation only of carbon oxide(s) without even traces of isobutylene. Apparently, such products of isobutane adsorption can be intermediates only in the total oxidation of paraffins and/or in coke formation. After the interaction of isobutane with the catalysts at 250-450°C, no u(C-H)

bands were detected but 1560 and 1460 cm^{-1} bands were observed by DRIFTS. Similar species are usually attributed to “carboxylates” which are intermediates in the formation of coke. The comparison between V/Al and VSb/Al catalysts in Fig. 3 clearly shows the advantage of Sb-modified VSb/Al oxide catalyst in at least twice lower formation of coke precursor.

References:

1. Albonetti S., F. Cavani F., Trifiro F., Catal. Rev.-Sci.Eng. 38 (1996)413-438, and references therein.
2. BhasinM.M., McCain J.H., Vora B.V., Imai T., Pujado P.R., Appl. Catal. A 221 (2001) 397-419, and references therein.
3. Kung H.H., Adv. Catal. 40 (1994) 1-38, and references therein..
4. Mamedov E.A., V.CortesCorberan V., Appl. Catal. A: General 127 (1995) 1- 40, and references therein.
5. Al-Zahrani S.M., Elbashir N.O., Abasaheed A.E., Abdulwahed M., J. Mol. Catal. A: Chem., 218 (2004) 179.
6. Iannazzo V., Neri G., Galvagno S., Di Serio M., Tesser R., Santacesaria E.,Appl. Catal. A: General 246 (2003) 49.
7. Karamullaoglu G., Onen S., Dogu T., Chem. Eng. Process. 41 (2002) 337.
8. Centi G., Perathoner S., Trifiro F.,Appl. Catal. A: General 157 (1997) 143.
9. Volpe M.A., Appl. Catal. A: General 210 (2001) 355.
10. MarsP., van Krevelen D.W., Chem. Eng. Sci. 3(1954) 41.

SECTION 3.

BIOLOGICAL SCIENCES

ВЛИЯНИЕ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ МОЛЛЮСКОВ *ANADARA KAGOSHIMENSIS* (ТОКУНАГА, 1906) НА МАКРОФИТЫ *GELIDIUM SP*

БОРОДИНА А.В., БЕРЕГОВАЯ Н.М., БЕЛЯЕВ Б.Н.

Россия, Институт Биологии Южных морей им. А.О. Ковалевского

Аннотация. Экспериментально было установлено, что экзометаболиты 9 особей *Anadara kagoshimensis* увеличили скорость роста 3 граммов *Gelidium latifolium* на 40 мг/сутки (относительно контроля), а концентрации фикоэритрина и суммарных каротиноидов в 1,4 и 1,1 раза соответственно. Это положительное влияние экзометаболитов анадары может являться объяснением обрастания моллюсков красными водорослями в естественных условиях среды. В работе приведены данные о качественном и количественном составе каротиноидов макрофитов *G. latifolium* и *G. crinale*, взятых в прибрежной зоне Севастополя (Крым). Показано, что в естественных условиях содержание суммарных каротиноидов у этих водорослей близки по значениям, а соотношение β -каротина и лютеина идентично (57:24). Схожесть пигментного состава обоих близких видов макрофитов, позволила предположить аналогию во влиянии экзометаболитов *Anadara kagoshimensis*.

Ключевые слова: *Gelidium sp.*, *Anadara kagoshimensis*, пигменты, каротиноиды, экзометаболиты.

Введение

В морской среде многие гидробионты стремятся к трофическим взаимодействиям тесно сожительствуя друг с другом, что приводит к различным симбиозам, эпибиозам [1, 2]. Так в прибрежной зоне Черного моря моллюски-фильтраторы часто обрастают разными видами водорослей и другими эпибионтами [2]. Подобные взаимоотношения должны быть продиктованы благоприятным влиянием экзометаболитов моллюсков, по сравнению с обычными условиями обитания макрофитов.

Одним из самых чувствительных биохимических показателей состояния фотосинтезирующих организмов являются пигменты. Они представляют собой не только хлорофиллы и фикобилипротеины, непосредственно участвующие в фотосинтезе, но и каротиноиды, роль которых в организмах гидробионтов на много шире [3]. Целью данной работы было выяснить влияние экзометаболитов двустворчатого моллюска-фильтратора *Anadara kagoshimensis* на ростовые и пигментные характеристики *Gelidium latifolium*.

Материалы и методы

Объектами исследований являлись макрофиты *Gelidium latifolium* и *Gelidium crinale*, собранные на Херсонесском побережье и моллюски-фильтраторы *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906), содержащиеся в садках на Севастопольском взморье (между Карантинной и Мартыновой бухтами). Эксперимент проводили в октябре 2014 года на установке (рис.1.3)). Длительность эксперимента составила 15 дней. Колебания температуры в течение всего эксперимента были незначительны 19 – 21⁰С. Освещенность приближена к естественной и днем не поднималась выше 550 люкс. В контрольном культиваторе питательной средой являлась чистая, профильтрованная через плотный фильтр морская вода, в опытных культиваторах находилась морская вода с метаболитами (9 особей) моллюсков *A. kagoshimensis*, средний вес которых $8,5 \pm 1,5$ г. Обмен среды осуществлялся каждые трое суток, барботаж воздухом осуществлялся постоянно и равномерно во всех культиваторах. Измерения веса и показателей пигментов водорослей проводили перед каждым обменом среды (т.е. каждые 3 дня). Исходный вес *G. latifolium* – 3 г.

Предварительно был установлен состав каротиноидов двух видов макрофитов *G. latifolium* и *G. crinale*. Экстракцию и определение хлорофилла и суммарных каротиноидов макрофитов *G. latifolium* и *G. crinale* проводили в соответствии с методом, рекомендуемым в работе Копытова Ю.П. [4]. Фикоэритрин определяли по формуле $R_{фэ, \%} = (0,014 \cdot D_{650} - 0,072 \cdot D_{615} + 0,122 \cdot D_{565}) \cdot V \cdot 100 / m$, где m – мг, V – мл, $R_{фэ, \%}$ – Р фикоэритрин в % [5]. Анализ экстрактов каротиноидов *G. latifolium* и *G. crinale* проводили с использованием системы Acquity UPLC (технология СВЭЖХ), LC / MS анализ

каротиноидов осуществляли на масс-спектрометре Waters Xevo G2S Q TOF (Waters Corporation, Милфорд, США). Для анализа использовали колонку ВЕН Shield RP18 (1.7μм, 2.1 × 50мм), подвижную фазу: MeOH/H₂O (80:20) в начале MeOH (100%) (10 мин), при температуре 40⁰С, скорости потока 0,4 мл/мин, детектирование проводили при 450 нм. (анализ выполнен в исследовательском институте продуктов питания г. Киото, Япония, в октябре 2014 года). Методика идентификации и подготовки проб стандартны [6,7].

Результаты представлены в виде $x \pm S_x$.

Результаты и обсуждения

Оба вида *G. latifolium* (1) и *G. crinale* (2) являются близкородственными и обладают большой внешней схожестью. На рисунке 1 показан внешний вид этих красных черноморских водорослей. Оба вида встречаются в естественных условиях, в прибрежной зоне, часто как эпилбионты моллюсков-фильтраторов. Нами был проведен сравнительный анализ их пигментного состава с целью выяснения их отличительных особенностей.

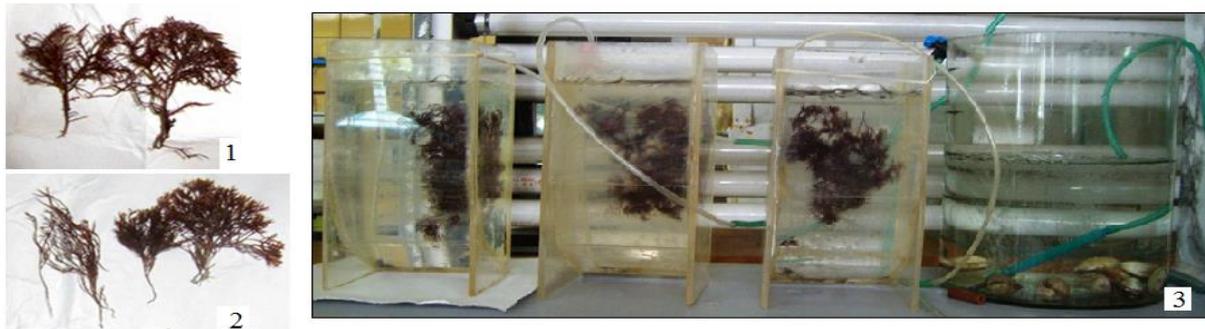


Рис. 1. Фото *G. latifolium* (1) и *G. crinale* (2). Вид экспериментальной установки по влиянию экзометаболитов *A. kagoshimensis* на ростовые и пигментные характеристики *G. latifolium* (3)

Концентрации суммарных каротиноидов были близки по значениям и составляли 330 ± 9 и 110 ± 60 мкг·г⁻¹сухого веса.

Хроматограмма экстракта водорослей *G. latifolium* и *G.crinale* была идентичной (рис. 2). Спектральные характеристики выделенных каротиноидов подтвердили наличие β -каротина и лютеина в соотношении (57:24).

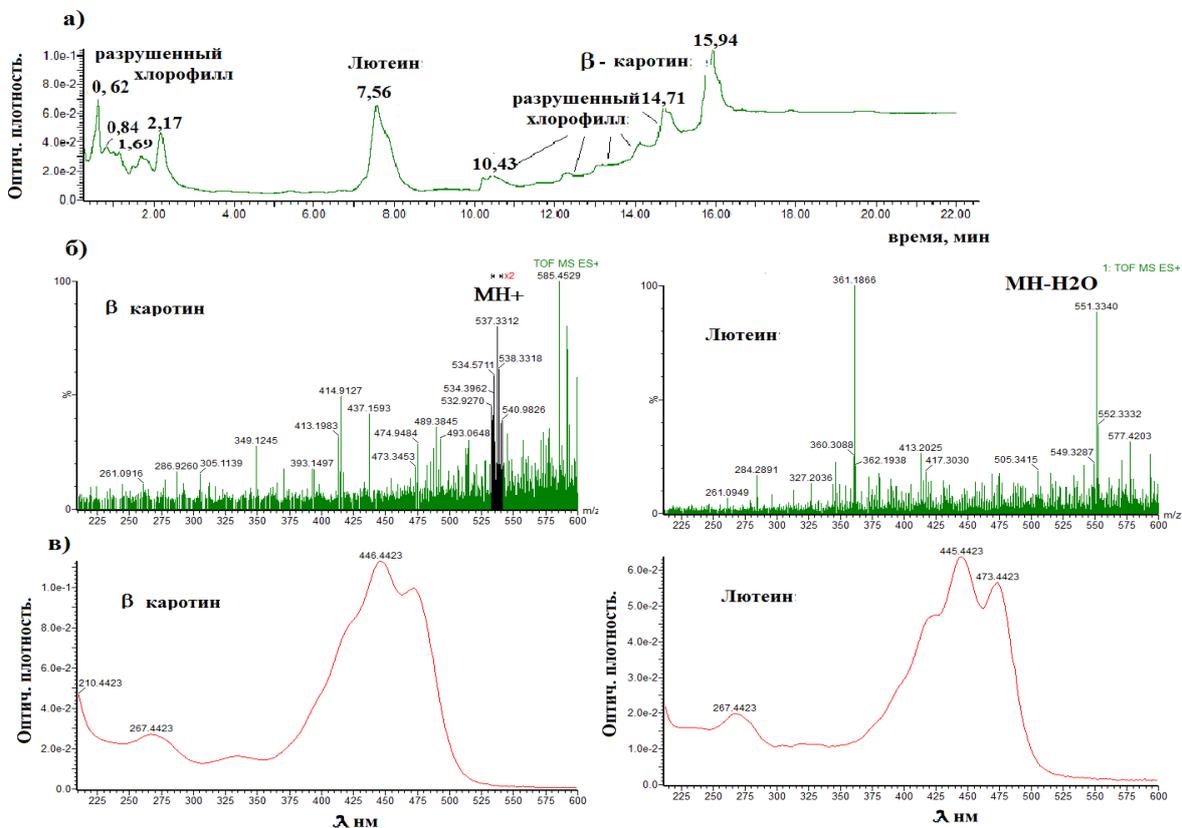


Рис. 2. Спектральные характеристики каротиноидов в экстрактах *G. latifolium* и *G.crinale*:

а) СВЭЖ хроматограмма; б) масс-спектры β -каротина и лютеина; в) спектры β -каротина и лютеина в диапазоне 225-600 нм

Таким образом, существенных отличий в пигментном составе *G. latifolium* и *G.crinale* обнаружено не было. Далее для эксперимента был выбран *G. latifolium* как более доступный в исследуемом районе.

Внешний вид экспериментальной установки показан на рисунке 1 (3). Установка состояла из 3-х прямоугольных культиваторов (объемом около 2 л), в которых содержались макрофиты *G. latifolium* и круглого стакана (объемом 5 л), в котором находились моллюски *A. kagoshimensis*. Результаты по ростовым и пигментным характеристикам *G. latifolium*, полученные в ходе эксперимента, приведены в таблице. Данные контроля

и опыта представлены как средние значения за весь период эксперимента. Величина контроля ниже 3 г., т.к. при адаптации первые дни водоросли теряли в весе, этот же эффект отразился и на биохимических показателях. В последнем столбце представлена разница (Δ) между контролем и опытом каждого показателя.

Таблица - Сравнительная таблица показателей роста и пигментов *G. latifolium* между контрольным и опытными вариантами

№	Показатель	Контроль	Опыт	(Δ) ср.
1	Масса, г	2,75 ± 0,09	3,35 ± 0,08	0,60 ± 0,08
2	Фикоэритрин, мг/г	7,9 ± 0,5	11,1 ± 1,0	3,2 ± 0,7
3	Хлорофилл <i>a</i> , мг/г	0,98 ± 0,10	1,09 ± 0,14	0,11 ± 0,14
4	Суммарные каротиноиды, мкг/г сухого веса	400 ± 60	427 ± 51	12 ± 9
5	Соотношение β -каротина и лютеина	57 : 42	57 : 42	Без изменений

Прирост биомассы водорослей в опытных культиваторах превышал контрольный вариант. Скорость роста в среднем за весь экспериментальный период составила 40 мг/сутки, а разница между контролем и опытом 0,60 гр, что свидетельствует о благоприятном влиянии экзосметаболитов анадары. Положительную динамику у макрофитов имели также фикоэритрин и хлорофилл *a*. На содержании каротиноидов влияние экзосметаболитов отразилось незначительно, а соотношение β -каротина и лютеина вообще не нарушалось. Последнее, возможно, связано с недостаточной концентрацией экзосметаболитов в морской среде, так как соотношение 9 особей анадары к 6 г макрофитов (учитывая 2 опытных культиватора) было выбрано предположительно. В естественных условиях среды соотношения макрофитов и экзосметаболитов могут быть как выше, так и ниже экспериментальных.

Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии экзосметаболитов моллюсков-фильтраторов *A. kagoshimensis* на ростовые и пигментные характеристики *G. latifolium*: увеличение скорости роста *Gelidium latifolium* на 40 мг/сутки (относительно контроля), концентрации фикоэритрина в 1,4, а хлорофилла *a* и суммарных каротиноидов в 1,1 раза,

состав каротиноидов был неизменен. В естественных условиях среды *G. latifolium* и *G. crinale* имеют аналогичный состав каротиноидов, соотношение β -каротина и лютеина 57:24.

Схожесть двух родственных видов макрофитов *G. latifolium* и *G. crinale* по биохимическому составу, ареалу обитания и объектам обрастания дает возможность предположить аналогию влияния экзометаболитов *A. kagoshimensis* на оба вида макрофитов.

Благодарности. Выражаем признательность японским коллегам (Research Institute for Production Development, Kyoto, Japan) и лично доктору Такаши Маока за помощь в проведении СВЭЖХ и спектральном анализе каротиноидов.

Список литературы:

1. Брайко В.Д. Обрастание в Черном море. К.: Наук, думка, 1985. 123 с.
2. Гринцов В. А. Формирование сообществ обрастания мидийных коллекторов в бухте Ласпи (Черное море) / автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18. - Севастополь, 1997. - 23 с.
3. Carotenoids / Biosynthesis and Metabolism. V. 3 / Eds.: G. Britton, S. Liaaen-Jensen, H. Pfander. Basel: Birkhauser Verlag, 1998. 414 p.
4. Копытов Ю.П., Дивавин И. А., Цымбал И.М. Схема комплексного биохимического анализа гидробионтов // Рациональное использование ресурсов моря – важный вклад в реализацию производственной программы: материалы конф. / АН УССР, Ин-т биологии юж. морей им. А.О. Ковалевского. – Севастополь, 1985. – Ч. 4.2. – С. 227 – 231. – Деп. в ВИНТИ 16.04.85, № 2556-85.
5. Беляев Б.Н., Нехорошев Н.В. Перспективы получения фикоэритрина при культивировании *Gracilaria verrucosa* (Huns.) Papenf (Rhodophyta). – Альгология, 2002. – 12, № 4. – с. 481- 490.
6. Маока Т., Akimoto N. Natural product chemistry in carotenoid some experimental techniques for structural elucidation and analysis of natural carotenoids / Carotenoid Science (Mini-review). 2008. V. 13. P. 10—17.
7. Repeta D. J., Bjornland T. Preparation of carotenoid standards / Phytoplankton pigments in oceanography : guidelines to modern methods. Paris: UNESCO, 1997. P. 239—260.
8. Левенец И. Р., Овсянникова И. И., Лебедев Е. Б. Водоросли-макрофиты в эпибиозе приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в заливе Петра Великого Японского моря // Биология моря. - 2010. - Т. 36, № 5. - С. 338-345.
9. Бородина А.В. Каротиноиды тканей черноморских моллюсков с различным типом питания / автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.17. - Киев, 2013. – 24 с.

УТОЧНЕННЫЕ ДАННЫЕ ПО ЖУЖЕЛИЦАМ (COLEOPTERA, CARABIDAE) ЗАКАЗНИКА «ОЛЬДЖИКАНСКИЙ», ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ

Будилов П.В.¹, КУБЕРСКАЯ О.В.²

¹Россия, ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ДВО РАН

²Россия, АМУРСКИЙ ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. Приводятся уточненные данные о 19 видах жужелиц из 7 родов с территории заказника «Ольджиканский».

Ключевые слова: Coleoptera, Carabidae, заказник «Ольджиканский».

Федеральный заказник «Ольджиканский» был организован в муниципальном районе им. Полины Осипенко Хабаровского края в 1988 г. с целью «сохранения, восстановления и воспроизводства редких и находящихся под угрозой исчезновения животных, занесенных в МСОП, Красные книги Российской Федерации и Хабаровского края» (Положение..., 1995). В марте 2011 г. территория заказника «Ольджиканский» была передана под контроль государственного природного заповедника «Комсомольский».

Заказник «Ольджиканский» расположен в 160 км к северу от г. Комсомольск-на-Амуре и занимает фактически весь бассейн озера Чукчагирское и юго-западную оконечность хр. Омельдинский. Площадь заказника составляет более 160 тыс. га, из них акватория озера занимает 36,6 тыс. га.

Комплексные исследования биоты заказника «Ольджиканский» были начаты в 2011 г. сотрудниками Комсомольского заповедника. Полевые работы проводились в основном вдоль юго-западного побережья оз. Чукчагирское и на острове Джалу (рис. 1).

Сбор материала по изучению видового разнообразия жужелиц проводила О.В. Куберская. Было выделено и обследовано 6 биотопов:

Биотоп 1 – марь (сфагновое болото). Растительный покров сформирован преимущественно кустарниковыми березами и багульником, из кустарничков наиболее типична клюква болотная, фоновые травянистые растения – осоки и пушица. N51°57′27.2″ E136°24′42.0″

Биотоп 2 – редколесье, образованное на месте гари. Древесный ярус отсутствует. В кустарниковом ярусе преобладают рябинник рябинолистный и шиповник иглистый. Травяной покров сформирован осоко-вейниковыми группировками. N51°56′40.2″ E136°24′18.5″

Биотоп 3 – лиственничник из лиственницы Каяндера. Кустарниковый ярус представлен рябинником рябинолистным и рододендром даурским. Среди хорошо развитого травостоя доминируют вейник Лангсдорфа и грушанка круглолистная. N51°56′45.3″ E136°24′57.5″

Биотоп 4 – смешанный лес из березы плосколистной и лиственницы Каяндера. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают брусника обыкновенная, майник двулистный и вейник. N51°57′56.9″ E136°23′47.6″

Биотоп 5 – участок щебнистого берега оз Чукчагирское, без растительности, в 3–5 м от края березняка (береза плосколистная, рододендрон даурский, можжевельник сибирский, брусника обыкновенная, камыш, белокрыльник болотный). N51°57′44.0″ E136°24′29.0″

Биотоп 6 – склон юго-западной экспозиции скалистого берега о-ва Джалу в 3 м от берега оз. Чукчагирское. Почвенный слой скудный, на большей площади биотопа отсутствует. Растительный покров сформирован отдельно стоящими лиственницами Каяндера, рододендром даурским, можжевельником даурским, рябинником рябинолистным. В травяном

ярус – камнеломка гребенчатореснитчатая и живучник Миддендорфа.
N51°58'26.9'' E136°28'07.0''

Сбор жуков жужелиц проводился почвенными ловушками Барбера (Barber, 1931). В качестве ловушек использовались пластиковые стаканчики диаметром 6 см и объемом 200 мл, на 1/3 заполненные 4% раствором формалина.

Ловушки расставлялись в линию по 15 штук в каждом биотопе. Они экспонировались с различной продолжительностью в период с 10 по 17 июня. Общий объем работы составил 500 ловушко-суток.

Всего на территории заказника было отловлено 226 экз. жужелиц.

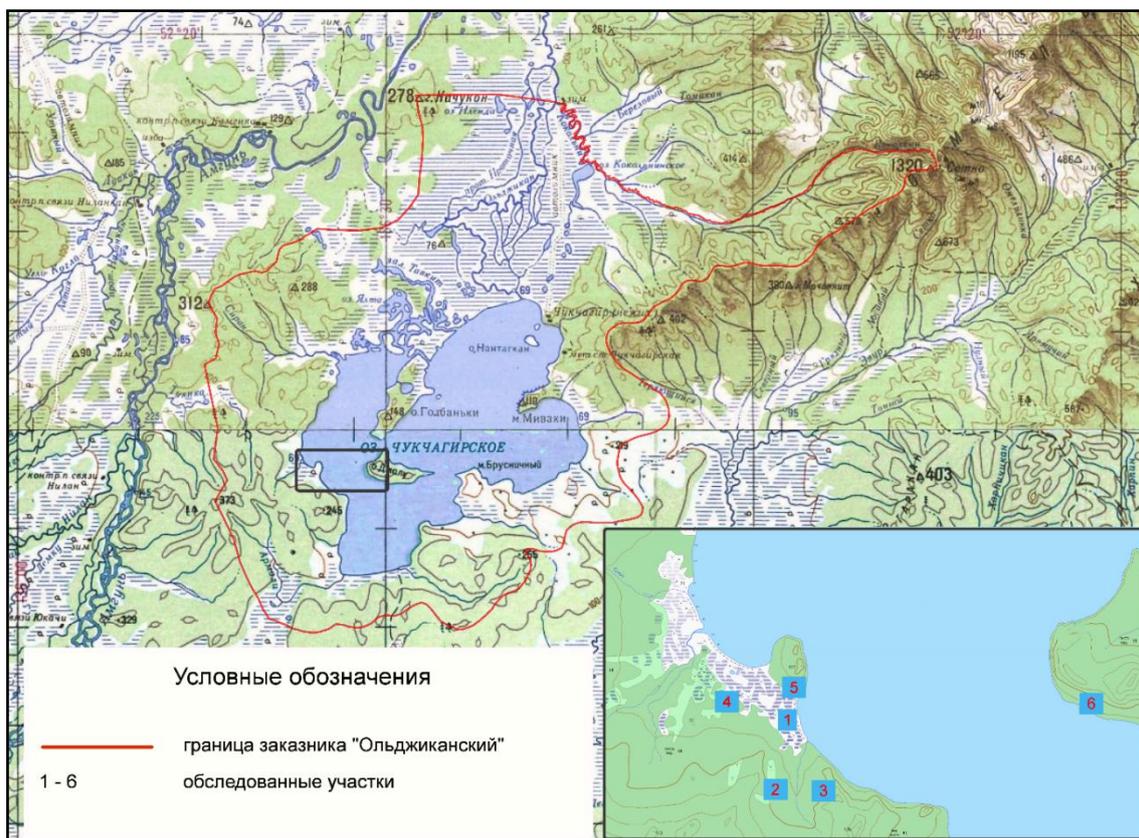


Рисунок 1. Расположение обследованных участков на территории заказника «Ольджиканский»

Материалы были частично определены и опубликованы (Куберская, 2012). При подготовке настоящей работы для определения видовой принадлежности дополнительно учитывались генитальные признаки. Часть

экземпляров была доопределена, некоторые подверглись переопределению.

При определении использовались соответствующие разделы «Определителя насекомых Дальнего Востока России» (Лафер, 1989) и имевшаяся в нашем распоряжении коллекция детерминантных экземпляров.

Номенклатура и систематика даны по «Систематическому списку жужелиц (Carabidae) России» (электронный ресурс).

Географическое распространение видов приводится по базе данных «Carabidae of the World» (электронный ресурс).

Весь указанный в настоящей работе материал собран О.В. Куберской, хранится в коллекции ИКАРП ДВО РАН (г. Биробиджан).

Уточненный видовой список карабидофауны заказника «Ольджиканский» содержит 19 видов из 7 родов.

Carabus (Morphocarabus) hummeli Fischer, 1823 – 1♂ биотоп 6.

Распространение: Китай, Монголия, Северная Корея, Россия (Амурская обл., республика Бурятия; Забайкальский регион (Читинская обл.); Восточный Саян; Иркутская обл.; Хабаровский край; Приморский край; Якутия).

Carabus (Aulonocarabus) canaliculatus sichotensis Born, 1914 – 2♂ биотоп 1; 3♀ биотоп 2; 15♂, 14♀ биотоп 3; 8♂, 14♀ биотоп 4; 2♂, 7♀ биотоп 5

Распространение: Россия (Приморский край; о. Сахалин).

Carabus (Diocarabus) aurocinctus Motschulsky, 1844 – 1♂ биотоп 3.

Распространение: Китай, Монголия, Северная Корея, Россия (Амурская обл.; республика Бурятия; Забайкальский регион (Читинская обл.); Хабаровский край; Магаданская обл.; Приморский край; Якутия).

Carabus (Megodontus) vietinghoffi Adams, 1812 – 1♂ биотоп 1; 2♂, 1♀ биотоп 2; 4♂, 2♀ биотоп 3; 3♂, 1♀ биотоп 4; 1♂ биотоп 6.

Распространение: Россия (Сибирь; Хабаровский край; Приморский край), США (Аляска).

Poecilus (Poecilus) fortipes (Chaudoir, 1850) – 1♀ биотоп 5.

Распространение: Китай (пров. Юннань), Япония, Монголия, Северная Корея, Россия (республика Бурятия; Забайкальский регион (Читинская обл.); Иркутская обл.; Хабаровский край; Приморский край), Южная Корея.

Poecilus (Poecilus) reflexicollis Gebler, 1832 – 1♀ биотоп 5.

Распространение: Япония, Монголия, Россия (Хабаровский край; Приморский край).

Pterostichus (Metallophilus) interruptus (Dejean, 1828) – 2♂, 3♀ биотоп 2; 1♂ биотоп 5; 1♀ биотоп 6.

Распространение: Россия (Приамурье, Прибайкалье, Забайкалье, Тува), Монголия, Северо-Восточный Китай, Северная Корея.

Pterostichus (Rhagadus) microcephalus (Motschulsky, 1860) – 1♀ биотоп 1

Распространение: Россия (юг Дальнего Востока, Забайкалье), Монголия, Восточный Китай, Корея, Япония.

Pterostichus (Pseudomaseus) nigrita (Paykull, 1790) – 3♀ биотоп 5.

Распространение: Европа: Австрия, Бельгия, Босния Герцеговина, Болгария, Белоруссия, Хорватия, Чехия, Дания, Эстония, Фарерские о-ва, Финляндия, Франция (вкл. Корсика, Монако), Германия, Греция (вкл. Крит), Венгрия, Исландия, Ирландия, Италия (вкл. Сардиния, Сицилия, Сан-Марино), Латвия, Лихтенштейн, Литва, Молдавия, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Румыния, Словакия, Словения, Испания (вкл. Гибралтар), Швеция, Швейцария, Украина, Югославия (Сербия, Черногория), Великобритания (вкл. Нормандские о-ва), Россия (центральная, северная, южная европейская территория). Северная Африка: Тунис, Марокко (включая Западную Сахару), Алжир. Азия: Китай, Россия (Восточная Сибирь, ДВ), Узбекистан, Казахстан, Монголия, Сирия, Турция, Япония

Pterostichus (Eosteropus) alacer A. Morawitz, 1868 – 2♂, 3♀ биотоп 2; 1♂, 4♀ биотоп 3; 1♂, 3♀ биотоп 4; 1♂ биотоп 5; 1♂, 1♀ биотоп 6.

Распространение: Россия: Дальний Восток (Приамурье)

Pterostichus (Bothriopterus) adstrictus Eschscholtz, 1823 – 16♂, 23♀ биотоп 2; 4♀ биотоп 3; 7♀ биотоп 4; 2♀ биотоп 5.

Распространение: Европа: Дания, Эстония, Фарерские о-ва, Финляндия, Швеция, Исландия, Ирландия, Латвия, Норвегия, Великобритания (вкл. Нормандские о-ва), Россия (север европейской территории). Азия: Россия (Восточная и Западная Сибирь, Дальний Восток), Монголия, Северная Корея. Неарктическая область

Pterostichus (Petrophilus) eximius A. Morawitz, 1862, 19♂, 17♀ биотоп 2; 2♀ биотоп 3; 2♂, 4♀ биотоп 4; 2♂, 1♀ биотоп 5; 1♂, 1♀ биотоп 6.

Распространение: Россия (Восточная Сибирь, Дальний Восток), Монголия.

Замечания: ранее (Куберская, 2012) был ошибочно указан как *P. pгосах* A. Morawitz, 1862

Agonum (Olisares) impressum (Panzer, 1796) – 1♀ биотоп 1

Распространение: Австрия, Белоруссия, Китай (пров. Юннань), Эстония, Франция, Германия, Венгрия, Италия, Казахстан, Латвия, Литва, Северная Корея, Нидерланды, Польша, Россия, Словакия, Словения, Швейцария, Украина

Agonum (Europhilus) fuliginosum Pazer, 1809 1♀ биотоп 4

Распространение: Австрия, Бельгия, Босния и Герцеговина, Болгария, Белоруссия, Чехия, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Великобритания, Германия, Венгрия, Ирландия, Италия, Казахстан, Латвия, Лихтенштейн, Литва, Молдавия, Нидерланды, Норвегия, Польша, Россия (Алтай; Приамурье; республика Бурятия; Центральная Россия; Уральские горы; Забайкальский регион (Читинская обл.); Западный Саян; Иркутская обл.; Хабаровский край; Красноярский край; Приморский край; Тува; Восточный Саян; Якутия), Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Украина

Amara (Zezea) plebeja (Gyllenhal, 1810) – 1♀ биотоп 4

Распространение: Австрия, Бельгия, Босния и Герцеговина, Болгария, Белоруссия, Китай (пров. Хэйлунцзян), Хорватия, Чехия, Дания, Эстония,

Финляндия, Франция, Великобритания, Германия, Греция, Венгрия, Ирландия, Италия, Япония, Казахстан, Латвия, Литва, Люксембург, Молдавия, Монголия, Нидерланды, Норвегия, Польша, Румыния, Россия, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Турция, Украина

Amara (Amara) aeneola Porpius, 1906 – 1♀ биотоп 4.

Распространение: Китай (Пекин), Казахстан, Монголия, Россия (Приамурье; республика Бурятия; Забайкальский регион (Читинская обл.); Иркутская обл.).

Замечания: ранее (Куберская, 2012) был ошибочно указан как *A. erratica* (Duftschmid, 1812)

Amara (Amara) lunicollis Schiodte, 1837 – 3♂, 3♀ биотоп 2

Распространение: Армения, Австрия, Бельгия, Босния и Герцеговина, Болгария, Белоруссия, Китай (Ганьсу; Цинхай, Шэньси, Синьцзян), Хорватия, Чехия, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Великобритания, Германия, Грузия, Венгрия, Ирландия, Италия, Кыргызстан, Казахстан, Латвия, Лихтенштейн, Литва, Люксембург, Македония, Монголия, Нидерланды, Польша, Румыния, Россия, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Украина

Harpalus (Harpalus) laevipes Zetterstedt, 1828 – 1♂, 1♀ биотоп 2

Распространение: Албания, Австрия, Бельгия, Босния и Герцеговина, Болгария, Белоруссия, Китай (Шаньси, Синьцзян), Хорватия, Чехия, Дания, Финляндия, Франция, Великобритания, Германия, Грузия, Венгрия, Ирландия, Италия, Япония, Казахстан, Латвия, Литва, Люксембург, Македония, Монголия, Северная Корея, Нидерланды, Норвегия, Польша, Румыния, Россия, Южная Корея, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Турция, Украина.

Замечания: ранее (Куберская, 2012) указан синоним *=quadripunctatus* Dejean, 1829.

Cymindis (Tarulus) vaporariorum (Linne, 1758) – 1♂, 1♀ биотоп 2.

Распространение: Австрия, Босния и Герцеговина, Болгария, Белоруссия, Чехия, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Великобритания, Германия,

Греция, Венгрия, Ирландия, Италия, Япония, Казахстан, Латвия, Македония, Монголия, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Россия (Алтайский край; Приамурье, республика Бурятия; Уральские горы; Забайкальский регион (Читинская обл.); Восточный Саян; Иркутская обл.; Хабаровский край; Красноярский край; Магаданская обл.; Приморский край; Сибирь; Тува; Западный Саян; Якутия), Испания, Швеция.

Список литературы:

1. Куберская О.В. 2012. Герпетобионтные жесткокрылые (Coleoptera: Carabidae, Silphidae) заказника "Ольджиканский" // Естественно-географические исследования: научный альманах. Комсомольск-на-Амуре: Издательство "АмГПГУ". Вып. 9. С. 17-26.
2. Barber H.S. Traps for cave-inhabiting insects // Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society. 1931. Vol. 46. P. 259 - 266.
3. Лафер Г.Ш. Сем. Carabidae - Жужелицы // Лер А.П. (ред). Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 3. Жесткокрылые, или жуки. Ч. 1. Л.: Наука, 1989. С. 71-222.
4. Положение о Государственном охотничьем заказнике общереспубликанского (федерального) значения «Ольджиканский» от 30.05.1995 г. №210.
5. Систематический список жужелиц (Carabidae) России (К.В. Макаров, О. И. Крыжановский, И.А. Белоусов, А.С. Замотайлов, И.И. Кабак, Б.М. Катаев, В.Г. - Шиленков, А.В. Маталин, Д.Н. Федоренко), http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car_rus.htm от 18 октября 2013 г. [Электронный ресурс]. (Просмотрено 12.03.2014 г.)
6. Carabidae of the World, <http://carabidae.org> [Электронный ресурс]. (Просмотрено 12.03.2014 г.)

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ОТКЛОНЕНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ГРУППОВОГО РОСТА БРЮХОНОГОГО МОЛЛЮСКА *Buccinum* *OSAGAWAI*

ВАСИЛЬЕВ А.Г.

Россия, МАГАДАНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РЫБНОГО
ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ

Аннотация. Проведен анализ многолетней динамики размерного состава брюхоногого моллюска *Buccinum osagawai*. Предложен метод получения информации о размерно-возрастном составе с помощью идентификации годовых приростов. Определены параметры уравнения группового роста *Buccinum osagawai*.

Ключевые слова: брюхоногие моллюски, рост, метод отклонений, уравнение Берталанффи.

Знания о групповом росте гидробионтов важны для рациональной эксплуатации промыслового запаса гидробионтов. При построении аналитического уравнения группового роста используются сведения о возрасте, а также размере или весе анализируемой особи, полученные в результате эмпирических исследований. Если сбор информации о размере и весе объекта не представляет особого труда, то данные о возрасте можно получить только в случае наличия у изучаемого вида четко идентифицируемых исследователем структур, регистрирующих возраст.

Предлагаемый аналитический метод построения уравнения группового роста может быть применен в том случае, когда сведения о возрасте отсутствуют, но имеется информация о многолетней динамике размерного

состава. В качестве модельного объекта выбран один из видов брюхоногих моллюсков *Buccinum osagawai* (Habeetlto, 1965).

Материалом для исследований послужили данные о размерном составе *B.osagawai*, полученные с 2006 по 2014гг. Сбор данных осуществлен в одном и том же промысловом районе исключительной экономической зоны Северо-Охотоморской подзоны Охотского моря, ограниченном координатами 57°10' и 59°27' с.ш. между 149°20'-153°30' в.д. площадью около 6–8 тыс. км², по общепринятым методикам, а также методикам, разработанным в Магаданском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (Михайлов и др., 2000, Михайлов и др., 2003, Васильев и др., 2013, 2014а, 2014б).

Рост брюхоногого моллюска *B.osagawai* можно описать уравнением Берталанффи (Овсянников, Островский, 2008). Для поиска констант уравнения использован метод, основанный на графическом анализе линейных размеров объектов L_t и L_{t+1} в следующие друг за другом годы, а также на анализе поведения линии регрессии (Ford, 1933; Walford, 1946; Lindner, 1953; Rounsefell and Everhart, 1953; Рикер, 1979).

Таблица 1 - Характеристика исследуемых массивов данных *B.osagawai* и некоторые описательные статистики

Год	Период работ	Объем выборки, экз.	Размер, см				
			Сред.	Мин.	Макс.	Ст. откл.,σ	Ст. ошибка средней
самцы							
2006	13.06-16.07, 28.07-14.09	4444	7,58	3,4	11,2	1,16	0,014
2007	10.04-29.08	7176	7,82	4,0	12,0	1,05	0,012
2008	21.06-31.07, 13.08-09.12	16718	7,91	3,3	11,7	1,01	0,007
2009	07.08-12.12	3118	7,72	4,7	10,7	0,76	0,013

Год	Период работ	Объем выборки, экз.	Размер, см				
			Сред.	Мин.	Макс.	Ст. откл., σ	Ст. ошибка средней
2010	01.08-07.12	7529	7,90	3,1	11,5	0,85	0,009
2011	16.09-04.12	3852	8,06	3,7	10,8	1,15	0,018
2012	20.05-06.08, 10.10-09.11	5120	8,06	3,4	11,3	1,28	0,017
2013	13.05-24.08, 25.10-26.10	7226	7,99	2,5	11,8	1,31	0,015
самки							
2006	13.06-16.07, 28.07-14.09	4598	7,68	3,7	12,5	1,28	0,014
2007	10.04-29.08	5459	8,05	4,0	11,9	1,09	0,014
2008	21.06-31.07, 13.08-09.12	23178	8,25	2,1	13,2	1,04	0,006
2009	07.08-12.12	3153	7,81	4,9	11,1	0,84	0,015
2010	01.08-07.12	6440	8,23	3,2	11,6	1,00	0,012
2011	16.09-04.12	4750	8,53	3,4	11,3	1,19	0,017
2012	20.05-06.08, 10.10-09.11	6065	8,47	3,5	11,7	1,34	0,017
2013	13.05-24.08, 25.10-26.10	7621	8,29	2,1	12,0	1,48	0,017

В основе предлагаемого нами метода построения кривой роста лежит метод отклонений от среднемноголетнего размерного ряда (Skuladottir, 1981), который, в свою очередь, является модификацией метода слежения

за смещением мод (Sund, 1930) во времени. Наблюдая за смещением вдоль оси абсцисс положительных или отрицательных отклонений от среднемноголетнего размерного распределения, можно проследить ежегодный рост отдельных ярко выраженных поколений в популяции.

В отличие от авторов метода, предлагаем рассматривать не максимальные пики положительных или отрицательных отклонений, которые не всегда однозначно могут быть идентифицированы исследователем, а точки пересечения линии, описывающей сверху и снизу долю выраженных высоко и низко урожайных поколений, соответственно, с осью абсцисс. Другими словами необходимо получить сведения о смещении вдоль оси абсцисс точки смены высоко- и низкоурожайных поколений, отклонение в которой равно нулю (рис. 1). Наилучшее качество визуализации показали графики для размерных рядов с шириной классового интервала 0,2 см.

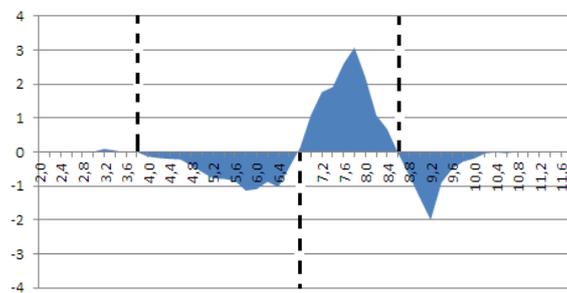


Рис. 1. Пример отклонения размерного состава от среднемноголетних значений и точки снятия данных по годовым смещениям (обозначены пунктирной линией)

Таблица 2 - Годовые смещения размеров для разных условных поколений *B.osagawai* в 2007–2014 гг., см

Поколения	Год							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Самцы								
1 поколение			6,2	6,8	8,1	8,2	8,5	8,8
2 поколение			8,2	8,6	9,9			
3 поколение				3,8	5	5,8	6,4	7
Самки								
1 поколение	4,9	5,6	6,1	6,8	8,45	8,7	8,9	
2 поколение			8,4	8,8				
3 поколение				4,2	5,0	5,7	6,7	

Выявлено по 3 поколения самцов и самок, для которых можно четко идентифицировать годовые приросты. Результаты наблюдений за смещением вдоль оси абсцисс размеров поколений, не имеющих отклонений от среднемноголетних размерных значений, но имеющих данные по приростам, представлены в табл.2 и на рис.2,3.

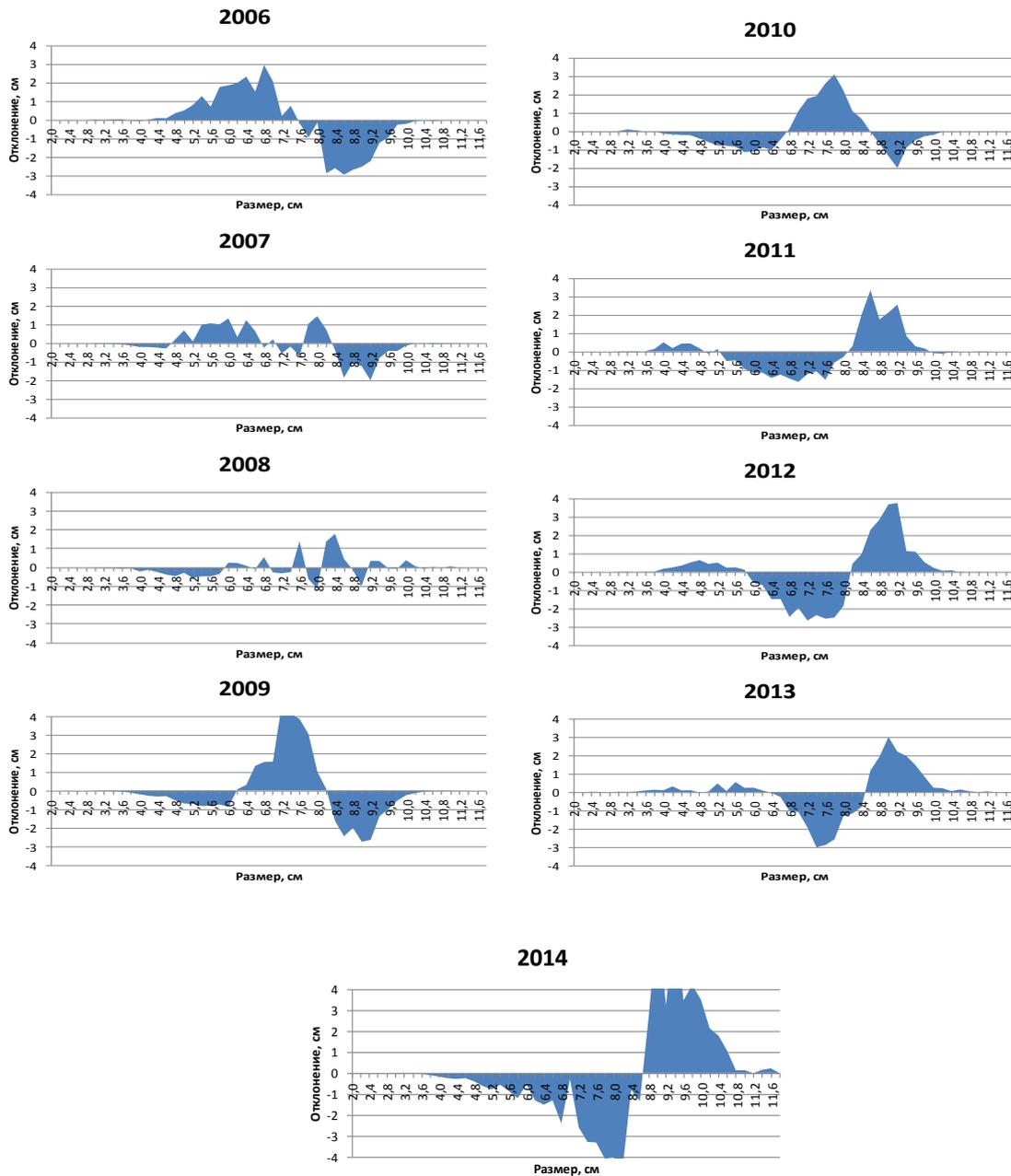


Рис. 2. Диаграммы отклонений размерных рядов самцов *B.osagawaiot* среднемноголетних значений в 2006–2014 гг.

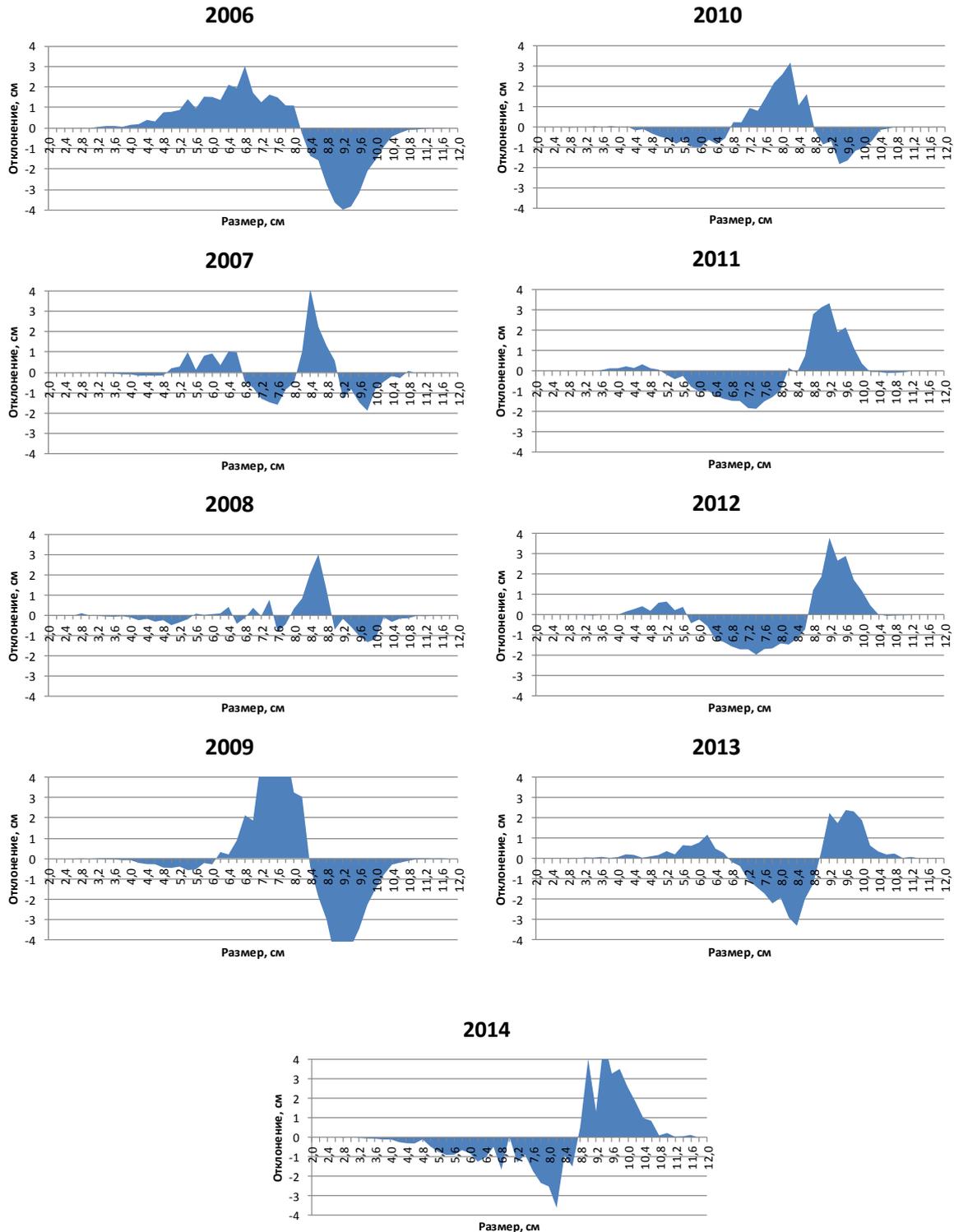


Рис. 3. Диаграммы отклонений размерных рядов самок *B.osagawai* от среднеголетних значений в 2006–2014 гг.

Сделано допущение, что близкие значения размеров для разных поколений (табл. 2) соответствуют одному и тому же возрастному классу, на основании

чего данные сгруппированы по соответствующим возрастам, что позволило рассчитать среднемноголетние значения для разных поколений (табл. 3).

Таблица 3 - Размеры в годовых классах для разных поколений *B.osagawai*, см

Поколение	Возраст, лет								
	τ	$\tau+1$	$\tau+2$	$\tau+3$	$\tau+4$	$\tau+5$	$\tau+6$	$\tau+7$	$\tau+8$
Самцы									
1 поколение	3,8	5	5,8	6,4	7	7,5			
2 поколение				6,2	6,8	8,1	8,2	8,5	8,7
3 поколение							8,2	8,6	9,9
Среднее	3,8	5	5,8	6,3	6,9	7,8	8,2	8,55	9,3
Самки									
1 поколение		4,9	5,6	6,1	6,7	8,2	8,7	8,9	9,2
2 поколение							8,4	8,8	
3 поколение	4,2	5	5,7	6,7	7				
Среднее	4,2	4,95	5,65	6,4	6,85	8,2	8,55	8,85	9,2

Минимальный наблюдаемый в уловах возраст для удобства обозначим τ . Значение возраста τ соответствует возрасту двух лет, и было получено Овсянниковым и Островским (2008) экспериментальным путем.

Для каждого из множеств, характеризующих реализации соответствия размеров возрастному классу самцов и самок с помощью метода наименьших квадратов, рассчитаны коэффициенты уравнения Берталанффи (табл. 4). Модельные оценки группового роста по многолетним данным 2006-2013 гг. близки к эмпирическим оценкам, полученным с помощью анализа структур, регистрирующих возраст (рис. 4) собранных в 1986 г. в том же районе исследований (Овсянников, Островский, 2008).

Анализ прямых Уолфорда (Walford, 1946) (рис.5), построенных по модельным данным (табл. 8) показал, что у самцов годовой прирост снижается на протяжении всей жизни, и при размере около 13,5 см рост прекращается. Чем ближе линия регрессии L_t и L_{t+1} (назовём ее линией прироста) к линии, проведенной под углом 45° , тем больше годовой прирост при данном размере. У самок рост происходит иначе.

Таблица 4 - Оптимальные параметры уравнения Берталанффи для *B.osagawai* по многолетним данным ($p=0,05$)

Пол	Коэфф. роста Броуди K, 1/лет		Асимпт. размер L_{∞} , см		Условный возраст нулевого размера t_0 , лет		R^2
	Оценка	Ст. ошибка	Оценка	Ст. ошибка	Оценка	Ст. ошибка	
самцы	0,099	0,027	13,470	0,324	-1,481	0,348	0,996
самки	0,085	0,048	14,810	0,539	-1,856	0,752	0,989

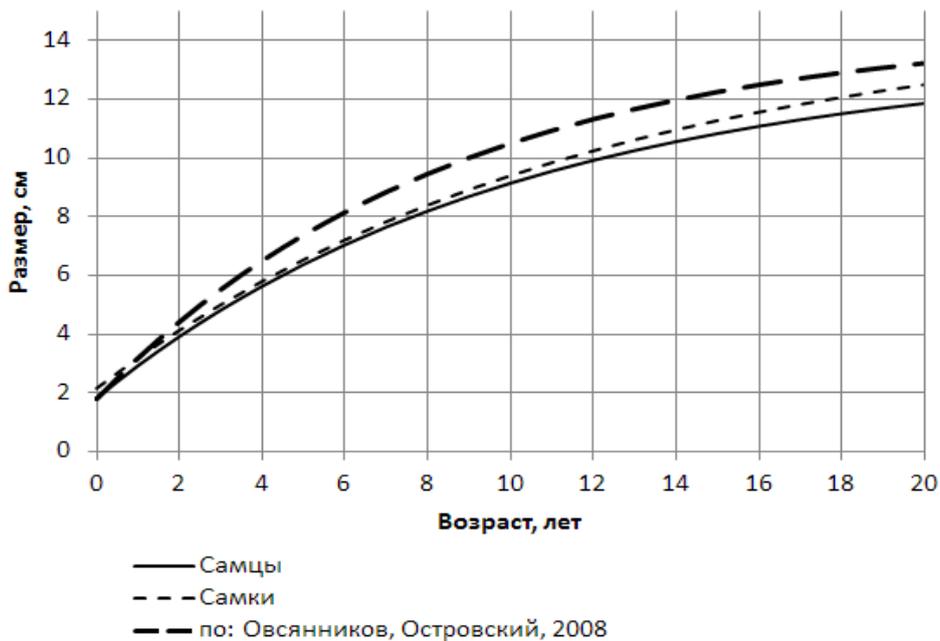


Рис. 4. Графики уравнений Берталанффи для *B.osagawai* по модельным и литературным данным

На протяжении увеличения их размеров до примерно 6–7 см, линия прироста параллельна линии, проведенной под углом 45° , т.е. годовой прирост имеет постоянную величину. Однако после угол наклона линии уменьшается, что говорит о снижении величин годовых приростов. Рост самок прекращается также, как и самцов, при размере около 14 см. Таким образом, асимптотический размер L_{∞} самцов и самок, снятый с прямых Уолфорда, почти не отличается от рассчитанных нами данных методом наименьших квадратов (табл.4). При этом и линии построенных регрессий зависимости прироста от возраста (рис.4), и построенные прямые Уолфорда (рис. 5) характерно показывают, что рост у *B.osagawai*к концу жизни замедляется.

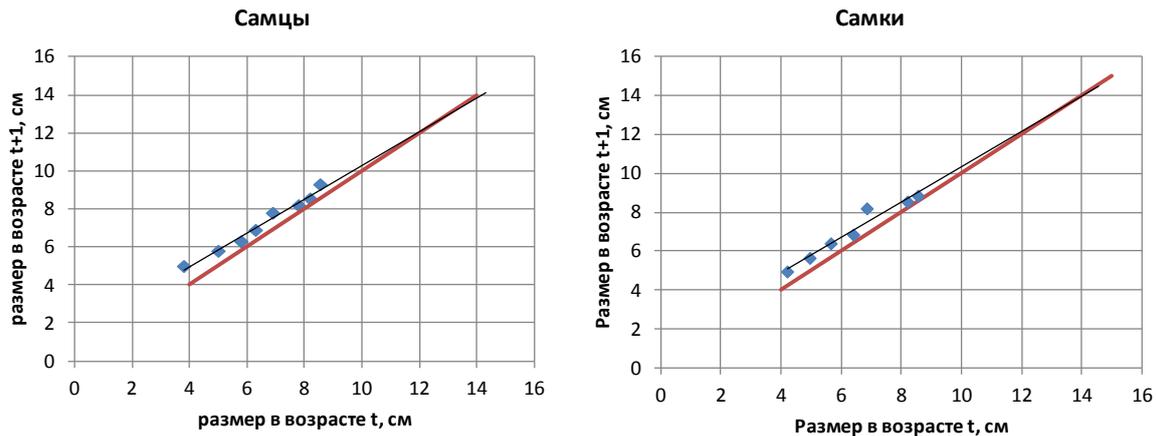


Рис. 5. Графики Уолфорда – зависимости размеров по модельным данным в возрасте $t+1$ от размера в возрасте t для самцов и самок *B. osagawai*

Список литературы:

1. Васильев А.Г., Абаев А.Д., Клинушкин С.В., Метелёв Е.А., Григоров В.Г. Обзор научно-исследовательской работы лаборатории промысловых беспозвоночных (ФГУП "МагаданНИРО") в 2012 г. Магаданский науч.-исслед. ин-т рыбного хоз-ва и океанограф. Магадан. 2013. 111 с. Деп. в ВИНТИ 18.07.2013, № 209-B2013.
2. Васильев А.Г., Абаев А.Д., Метелёв Е.А., Мельник А.М., Клинушкин С.В., Григоров В.Г. Состояние запасов промысловых беспозвоночных северной части Охотского моря в 2011 г. Магаданский науч.-исслед. ин-т рыбного хоз-ва и океанограф. Магадан. 2014а. 113 с. Деп. в ВИНТИ 15.01.2014, № 23-B2014.
3. Васильев А.Г., Абаев А.Д., Метелёв Е.А., Клинушкин С.В., Григоров В.Г., Шершенкова С.А. Биологическая характеристика, запасы и гидрологические условия обитания промысловых беспозвоночных в северной части Охотского моря в 2013 г. Магаданский науч.-исслед. ин-т рыбного хоз-ва и океанограф. Магадан. 2014б. 117 с. Деп. в ВИНТИ 19.08.2014, № 241-B2014.
4. Михайлов В.И., Фомин А.В., Горничных А.В., Карасев А.Н., Бандурин К.В., Васильев А.Г. Промысловые беспозвоночные и водоросли северной части Охотского моря. Магадан. 2000. 83 с. Деп. в ВИНТИ 07.06.2000, №1643-B00.
5. Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасев А.Н. Промысловые беспозвоночные шельфа и материкового склона северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 2003. С. 213-263.
6. Овсянников В.П., Островский В.И. Закономерности роста брюхоногого моллюска *Vissium osagawai* в северной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. 2008. Том 154. С.37-45.
7. Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб: пер. с англ. В.К. Бабаяна. М.: Пищевая промышленность. 1979. 408 с.

8. Ford E. An account of the herring investigation conducted at Plymouth: during the years from 1924—1933 // J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 1933. №19. P.305—384.
9. Lindner M. J. Estimation of growth rate in animals by marking experiments // U.S. Fish Wild. Serv. Fish. Bull. 1953. № 54(78): 65—69.
10. Rounsefell G. A., W. H. Everhart. Fishery science: Its methods and applications. John Wiley and Sons, New York, N.Y. 1953. 444 p.
11. Skuladottir U. The deviation method: a simple method for detecting year-classes of a population of *Pandalus borealis* from length distributions // Proc. Of the Intern. Pandalid Shrimp Symp., 1979. Kodiak, Alaska, Sea Grant Report 81—3, 1981. — P.283—307.
12. Sund O. The renewal of fish population studied by means of measurement of commercial catches. Example: the arctic Norwegian cod stock. // Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer. — 1930.— 65. P.10—17.
13. Walford L. A. A new graphic method of describing the growth of animals // Biol. Bull. 1946. №90(2). P.141—147.

ЧИСЛЕННОСТЬ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ МОЛОДИ КЕТЫ (*ONCORHYNCHUSKETA*) ВЫРАЩЕННОЙ НА ЛРЗ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ 2013-2014 гг.

ИГНАТОВ Н.Н., САФРОНЕНКОВ Б.П.

Россия, МАГАДАНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РЫБНОГО
ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ

Аннотация. В настоящее время в Магаданской области функционирует 3 лососевых рыбноводных завода (ЛРЗ), построенных на крупных реках Тауйской губы Охотского моря, на которых культивируют 3 вида тихоокеанских лососей (кета, горбуша, кижуч). Основным объектам разведения является кета, однако ежегодные объемы ее выпуска не обеспечивают устойчивые и высокие по численности возвраты заводских производителей в базовые водоемы. Это обусловлено низкой эффективностью применяемой биотехнологии разведения лососей. В статье приведены результаты мониторинга качественного состояния молоди кеты и условий её содержания на ЛРЗ.

Ключевые слова: инкубационный материал, водоёмы, молодь кеты, выростной пруд, индексы внутренних органов, выпуск молоди.

Рыбоводные работы по отлову, выдерживанию производителей и сбору оплодотворенной икры кеты, как основного объекта воспроизводства, в 2013 г. в Магаданской области, осуществляли на 6 участках, расположенных на нерестилищах рек Тауйской губы Охотского моря: Кулькуты (биостанция «Кулькуты» ФГУП «МагаданНИРО»), Богурчан, Ола (притоки I порядка реки Ланковая, Танон, Угликанка), Армань, Яна. Инкубационный материал для магаданских лососевых рыбноводных заводов (ЛРЗ) был собран в период

подхода тихоокеанских лососей к местам нереста и наступления у них V половой стадии зрелости. Основной объем икры кеты (84,1%) был собран на 3-х водоемах Тауйской губы: р. Ола – 44,8%, р. Армань – 21,3% и р. Яна – 18,0%. На остальных водоемах – реки Яма, Кулькуты, Богурчан – было освоено всего 15,9% от его общего объема (табл. 1).

Таблица 1 - Сведения об объемах и доле собранной для инкубации на ЛРЗ оплодотворенной икры кеты в водоемах Магаданской области в 2013 г.

№№	Водоемы	Кета	Доля от общего объема, %
1	р. Яма (водоем-донор)	0,057	0,6
2	р. Богурчан (водоем-донор)	0,277	2,9
3	р. Кулькуты (биостанция ФГУП "МагаданНИРО")	1,187	12,4
4	р. Ола (базовый водоем ОЭПАБ)	4,281	44,8
5	р. Армань (базовый водоем АЛРЗ)	2,033	21,3
6	р. Яна (базовый водоем ЯЛРЗ)	1,714	18,0
Всего собрано		9,549	100
План		10,200	–
Реализация плана, %		93,6	–

Собранный инкубационный материал был распределен на 3 ЛРЗ: Ольская ЭПАБ – 5,525 млн.; Арманский ЛРЗ – 2,310 млн.; Янский ЛРЗ – 1,714 млн. Из трех действующих ЛРЗ на Ольской ЭПАБ было заложено на инкубацию наибольшее количество икры кеты.

В результате выращивания рыболовной продукции в 2014 г. с ЛРЗ Магаданской области было выпущено – 7,307 млн. экз. кеты. Выпуск молоди лососей производился: в базовые водоемы ЛРЗ – реки Ола, Армань, Яна и в водоемы, используемые для формирования искусственных промыслово-маточных популяций лососей, – реки Окса и Кулькуты (табл. 2).

Таблица 2 - Выпуск молоди кеты рыбоводными предприятиями ФГБУ «Охотскрыбвод» в 2014 г.

ЛРЗ	Всего (млн. экз.)	Сроки выпуска	Место выпуска
Ольская ЭПАБ	1,077	02.06-03.06.2014г.	р. Танон
	2,338	01.06-21.07.2014г.	р. Угликанка
	0,885	29.07-30.07.2014г.	р. Кулькуты
Всего по ЭПАБ	4,300		
Арманский ЛРЗ	0,998	16.07.2014г.	р. Окса
	0,559	25.06.2014г.	Р. Армань
Всего по АЛРЗ	1,557		
Янский ЛРЗ	1,450	03.06-16.06.2014г.	р. Яна
Итого по ЯЛРЗ	1,450		
Итого по ФГБУ «Охотскрыбвод»	7,307		

* - данные ФГБУ «Охотскрыбвод».

Изучение качественных показателей заводской молоди кеты проводили на ее следующих партиях:

- Ольская ЭПАБ, потомство производителей кеты летней сезонной расы природных популяций (р. Ланковая, р. Танон, р. Угликанка (бассейн р. Ола)) и потомство производителей кеты осенней сезонной расы искусственной популяции р. Кулькуты (смешанная проба), оплодотворение икры – 25.07-01.10.2013 г.
- Арманский ЛРЗ, потомство производителей кеты летней и осенней (смешанная проба) сезонных рас природной популяции р. Армань (оплодотворение икры – 23.08–01.10.2013 г.).
- Янский ЛРЗ, потомство производителей кеты летней и осенней сезонных рас популяции р. Яна, оплодотворение икры – 02.08-30.09.2013 г. (смешанная проба).

Сроки проведения работ по оценке биологического состояния молоди кеты почти совпали с выпуском с лососевых рыбоводных заводов Магаданской области. Оценку заводской молоди проводили в период с 28.05 по 14.07.2014 г.

Молодь кеты искусственного происхождения, выращенная на разных ЛРЗ Магаданской области в технологический цикл 2013-2014 гг., оказалась качественно неоднородной. При этом кету с Ольской ЭПАБ перед выпуском в свободный нагул подращивали в различных условиях: пруды в базовой протоке Ольского ЛРЗ р. Угликанка (бас.р. Ола), в естественных выростных прудах р. Кулькуты (малый водоем впадает в зал. Одян Тауйской губы).

В таблице 3, представлены результаты биологических анализов молоди кеты поколения 2013 г. ранних партий закладки икры на инкубацию при ее содержании в цехе-питомнике Ольской ЭПАБ и естественного выростного пруда р. Угликанка в 2014 г. Сравнительный анализ биологических показателей молоди кеты показал, что ее перевод из цеха-питомника в более благоприятные условия естественного водоема способствовал увеличению ее размерно-весовых характеристик (табл. 3).

С 5 февраля по 28 мая 2014 г. средняя длина тела молоди ольской кеты увеличилась с 34,4 до 36,4 мм, средняя масса тела – с 0,327 до 0,349 г. Невысокие приросты объясняются тем, что в марте в выростном пруду произошло поднятие воды и подмыв шандоры, который повлек за собой нерегулируемый скат молоди, поэтому в пробе отсутствовала крупная молодь. Доля питавшихся рыб в выборках изменялась скачкообразно, число питавшихся рыб то возрастало, то уменьшалось, что свидетельствовало о том, что более крупная молодь постепенно скатывалась из пруда. Однако все же отмечено увеличение количества потребляемой молодью пищи. Средний индекс наполнения ЖКТ увеличился с 0,47 до 33,53‰.

Таблица 3 - Биологические показатели молоди кеты ранних партий закладки при ее содержании в условиях Ольской ЭПАБ и естественного выростного пруда в 2014 г.

Показатели	Дата отбора проб молоди кеты на анализ			
	05.02.	25.03.	28.04.	28.05.
Происхождение	Реки Ланковая, Угликанка, Танон (бассейн р. Ола)			
Место отбора проб	Цех	пруд	пруд	пруд
Длина тела по Смитту, мм	<u>34,4±0,2</u> 32,0-39,5	<u>34,3±0,1</u> 32,0-36,0	<u>34,6±0,2</u> 31,0-37,0	<u>36,4±0,2</u> 34,0-40,0
Масса тела, г	<u>0,327±0,01</u> 0,196-0,427	<u>0,323±0,005</u> 0,256-0,390	<u>0,339±0,01</u> 0,265-0,451	<u>0,349±0,007</u> 0,253-0,496

Показатели	Дата отбора проб молоди кеты на анализ			
	05.02.	25.03.	28.04.	28.05.
Коэффициент упитанности по Фультону, (К _ф)	<u>1,20±0,01</u> 0,89-1,48	<u>1,16±0,01</u> 0,95-1,31	<u>1,21±0,02</u> 1,59-0,99	<u>1,04±0,02</u> 0,82-1,51
Доля особей с желточным мешком, %	100	94	100	67
Относительная масса желточного мешка, %	<u>10,66±0,31</u> 5,92-16,31	<u>8,88±1,00</u> 2,57-54,16	<u>6,45±0,89</u> 1,31-23,39	<u>1,56±0,43</u> 0,0-18,04
Доля особей с пищевым комком, %	4	74	6	24
Индекс наполнения желудочно-кишечного тракта, ‰	<u>0,47±0,24</u> 0,00-15,34	<u>53,65±5,58</u> 0,00-130,54	<u>6,13±4,81</u> 0,00-231,39	<u>33,53±10,76</u> 0,00-256,73
Индекс сердца, %	<u>0,24±0,01</u> 0,14-0,38	<u>0,17±0,04</u> 0,11-0,24	<u>0,19±0,01</u> 0,10-0,37	<u>0,23±0,01</u> 0,11-0,34
Индекс печени, %	<u>1,16±0,03</u> 0,67-1,77	<u>0,82±0,03</u> 0,54-1,30	<u>1,11±0,04</u> 0,53-2,05	<u>1,33±0,07</u> 0,76-3,43
Индекс желудочно-кишечного тракта, %	<u>3,18±0,08</u> 1,88-4,66	<u>3,07±0,07</u> 1,99-4,05	<u>3,70±0,15</u> 1,73-7,12	<u>5,72±0,25</u> 3,4-10,89
N, экз.	50	50	50	50

В выборке молоди кеты, взятой на анализ из цеха-питомника в феврале (05.02.2014 г.), рыбы с остатками желточного мешка составили 100%. Средняя относительная масса желтка составила 10,7%. У молоди кеты, взятой на анализ из пруда в мае (28.05.2014 г.), особи с желточным мешком составляли 67%, при относительной массе желтка 1,56%. К концу подращивания молоди кеты в условиях пруда также было отмечено увеличение показателей индексов внутренних органов (печени, ЖКТ). Перед выпуском в природный водоем средний индекс печени был равен 1,33%, желудочно-кишечного тракта – 5,72%. В 2014 г. из естественного выростного пруда Ольской ЭПАБ было выпущено в р. Угликанка 2,201 млн. экз. молоди кеты (см.табл. 2).

Пробы кулькутинской кеты были собраны на стадии «личинка-малек» в бассейнах Ольской ЭПАБ и в прудах р. Кулькуты. За весь период сбора проб, с начала февраля по конец июля, средняя длина тела молоди кеты увеличилась в 1,7 раза (с 25,4 мм до 42,8 мм), средняя масса тела – в 2,8 раза (с 0,294 до 0,812 г) (табл. 4).

Таблица 4 - Биологические показатели молоди кеты поздних партий закладки при ее содержании в условиях Ольской ЭПАБ и естественного выростного пруда в 2014 г.

Показатели	Дата отбора проб молоди кеты на анализ			
	14.07.14 г.	19.07.14 г.	24.07.14 г.	29.07.14 г.
Происхождение	р. Кулькуты			
Место отбора проб	цех	пруд	пруд	пруд
Масса тела, г	<u>0,382±0,009</u> 0,216-0,511	<u>0,489±0,01</u> 0,254- 0,662	<u>0,528±0,01</u> 0,301- 0,685	<u>0,802±0,03</u> 0,589- 1,118
Длина тела, мм	<u>37,4±0,3</u> 32,0-42,0	<u>39,0±0,3</u> 33,5-42,5	<u>40,1±0,2</u> 35,0-44,0	<u>42,8±0,6</u> 34,0-48,0
Индексы, сердца, %:	<u>0,17±0,04</u> 0,12-0,28	<u>0,23±0,01</u> 0,16-0,38	<u>0,27±0,01</u> 0,18-0,36	<u>0,31±0,01</u> 0,21-0,59
Индексы печени, %:	<u>1,10±0,04</u> 0,51-1,86	<u>1,12±0,02</u> 0,89-1,36	<u>1,24±0,02</u> 0,84-1,68	<u>1,58±0,10</u> 0,29-2,96
Индексы, ЖКТ, %:	<u>6,58±0,20</u> 3,09-10,82	<u>5,10±0,13</u> 3,35-7,40	<u>5,69±0,10</u> 3,68-7,51	<u>8,10±0,24</u> 4,57-11,35
Относительная масса желтка, %	<u>1,70±0,26</u> 0,00-8,83	<u>1,30±0,20</u> 0,00-5,74	<u>0,50±0,10</u> 0,00-3,88	0
Доля рыб с остатком желтка, %	74,0	96	88	0
Число питающихся особей, %	нет данных	100	100	100
Индекс наполнения, ЖКТ, ‰	нет данных	<u>394,3±33,9</u> 71,7- 1027,5	<u>368,8±24,8</u> 51,8-960,7	<u>451,5±40,9</u> 104,2- 830,4
Коэффициент упитанности по Фультону (K _ф)	<u>1,03±0,01</u> 0,86-1,18	<u>1,13±0,01</u> 0,88-1,37	<u>1,11±0,01</u> 0,93-1,30	<u>1,49±0,05</u> 1,03-2,62
N, экз.	50	50	50	50

Желточный мешок кулькутинской молоди кеты к завершению подращивания в прудах полностью резорбировался. Произошло увеличение индексов сердца, печени, желудочно-кишечного тракта, коэффициента упитанности. В ходе анализа интенсивности питания у молоди кеты было обнаружено следующее: за период ее подращивания в прудах р. Кулькуты произошло существенное повышение индекса наполнения желудочно-кишечного тракта, а число питавшихся особей, при этом, достигло 100%. Всего в устьевую часть р. Кулькуты с 29 по 30.07.2014 г. было выпущено 0,885 млн. подрощенной молоди кеты (см. табл. 2).

На Арманском ЛРЗ у молоди кеты при выпуске были отмечены самые низкие показатели длины и массы тела по сравнению с молодью кеты с

других ЛРЗ. Эту молодь содержали в бассейнах завода и не подращивали в природных водоемах. В таблице 5 представлены биологические показатели молоди кеты, взятой на анализ в феврале – июне 2014 г. на этапе подращивания и перед выпуском в естественный водоем. За период подращивания молоди кеты в условиях Арманского ЛРЗ с 18.02.14 г. по 04.06.14 г. средняя длина тела увеличилась (с 32,6 мм до 35,3 мм), средняя масса тела (с 0,327 до 0,355 г). В июне остатки желточного мешка были отмечены у 94% исследуемых особей. На 04.06. доля питавшихся рыб в выборке составила 47%. В конце подращивания было отмечено увеличение количества потребляемой молодью пищи.

Таблица 5 - Биологические показатели молоди кеты, выращенной в цехе-питомнике Арманского ЛРЗ в 2014 г.

Показатели	Дата отбора проб молоди кеты на анализ			
	18.02.	31.03.	30.04.	04.06.
Происхождение	АЛРЗ (бассейн р. Армань)			
Место отбора проб	цех	цех	цех	цех
Длина тела по Смитту, мм	<u>32,6±0,1</u> 31,0-34,0	<u>35,3±0,2</u> 33,0-37,0	<u>35,7±0,2</u> 33,0-38,0	<u>35,3±0,1</u> 32,0-39,0
Масса тела, г	<u>0,327±0,005</u> 0,281-0,379	<u>0,333±0,01</u> 0,250-0,424	<u>0,366±0,01</u> 0,256-0,484	<u>0,355±0,01</u> 0,228-0,551
Коэффициент упитанности по Фультону, (К _ф)	<u>1,41±0,02</u> 1,11-1,58	<u>1,12±0,01</u> 0,93-1,36	<u>1,20±0,02</u> 0,86-1,55	<u>1,15±0,01</u> 0,82-1,44
Доля особей с желточным мешком, %	100	100	88	94
Относительная масса желточного мешка, %	<u>13,78±0,65</u> 1,33-18,26	<u>6,23±0,32</u> 2,27-12,92	<u>2,04±0,19</u> 0,00-7,31	<u>2,21±0,13</u> 0,00-6,90
Доля особей с пищевым комком, %	0	26	30	47
Индекс наполнения желудочно-кишечного тракта, ‰	–	<u>25,99±7,83</u> 0,00-255,90	<u>35,04±10,55</u> 0,00-299,46	<u>51,30±8,27</u> 0,00-326,02
Индекс сердца, %	<u>0,19±0,01</u> 0,11-0,34	<u>0,20±0,01</u> 0,12-0,32	<u>0,21±0,01</u> 0,11-0,35	<u>0,27±0,01</u> 0,13-0,40
Индекс печени, %	<u>0,81±0,04</u> 0,41-1,42	<u>1,33±0,05</u> 0,63-2,35	<u>1,16±0,04</u> 0,71-2,50	<u>1,37±0,04</u> 0,59-2,98
Индекс желудочно-кишечного тракта, %	<u>2,42±0,06</u> 1,87-3,04	<u>4,61±0,16</u> 2,98-7,59	<u>5,68±0,17</u> 3,18-8,10	<u>6,39±0,13</u> 3,36-11,04
N, экз.	25	50	50	97

Индекс наполнения желудочно-кишечного тракта составил в июне 51,30‰ (при вариации показателя от 0 до 326,02‰). Также было отмечено увеличение средних показателей индексов внутренних органов сердца (с 0,19 до 0,27%), печени (с 0,81 до 1,37%), желудочно-кишечного тракта (с 2,42 до 6,39%).

Выпуск молоди кеты с Арманского ЛРЗ был произведен в два этапа: 25 июня в протоку завода было выпущено 0,559 млн. мальков, другая часть молоди 16 июля 2014 г. была перевезена и выпущена в р. Окса в количестве 0,998 млн. мальков (см.табл. 2).

На Янском ЛРЗ подращивание молоди кеты происходило также, как и на Арманском ЛРЗ – в бассейнах завода. Однако температура воды на Янском ЛРЗ в зимне-весенний период не опускается ниже 3°C, т.е. является более благоприятной для культивирования лососей, поэтому молодь кеты с Янского ЛРЗ отличалась повышенными линейно-весовыми показателями в сравнении с арманской молодью. В таблице 6 представлены результаты биологического анализа молоди кеты поколения 2013 г. при ее содержании в условиях Янского ЛРЗ в 2014 г. За период подращивания (с 18.02 по 04.06.2014 г) средняя длина тела молоди кеты увеличилась в 1,2 раза (с 33,0 до 40,5 мм), средняя масса тела – в 1,6 раза (с 0,341 до 0,549 г). Была отмечена четкая тенденция к уменьшению в выборках молоди доли рыб с наличием желточного мешка и его относительно веса. Так в феврале, желточный мешок был отмечен у всех исследуемых особей, а его средняя относительная масса составила 10,66% от массы тела (при вариации показателя от 5,16 до 16,74%). В начале апреля (01.04) доля рыб в выборке с остатком желточного мешка составила 72,0%, а средняя относительная масса желтка составила уже 3,53%. Перед выпуском в естественный водоем 4 июня, доля рыб с желточным мешком в выборке, составила 15%, а его средняя относительная масса составила всего 0,03% от массы тела (при вариации показателя от 0 до 1,38%), что характеризует условия содержания на Янском ЛРЗ как благоприятные.

Таблица 6 - Биологические показатели молоди кеты, выращенной на Янском ЛРЗ в 2014 г.

Показатели	Дата отбора проб молоди кеты на анализ		
	18.02.	01.04.	04.06.
Происхождение	ЯЛРЗ (бассейн р. Яна)		
Место отбора проб	цех	цех	цех
Длина тела по Смитту, мм	<u>33,0±0,2</u> 31,0-35,0	<u>36,9±0,3</u> 33,0-43,0	<u>40,5±0,4</u> 33,0-50,0
Масса тела, г	<u>0,341±0,01</u> 0,264-0,416	<u>0,406±0,01</u> 0,252-0,662	<u>0549±0,02</u> 0,323-1,186
Коэффициент упитанности по Фультону, (Кф)	<u>1,38±0,02</u> 1,20-1,51	<u>1,16±0,02</u> 0,77-1,50	<u>1,12±0,02</u> 0,30-1,74
Доля особей с желточным мешком, %	100	72	15
Относительная масса желточного мешка, %	<u>10,66±0,60</u> 5,16-16,74	<u>3,53±0,70</u> 0,00-20,29	<u>0,03±0,01</u> 0,00-1,38
Доля особей с пищевым комком, %	12	34	54
Индекс наполнения желудочно-кишечного тракта, ‰	<u>3,45±2,30</u> 0,00-53,90	<u>146,59±25,07</u> 0,00-566,58	<u>163,29±20,85</u> 0,00-826,87
Индекс сердца, %	<u>0,24±0,01</u> 0,15-0,37	<u>0,19±0,01</u> 0,09-0,35	<u>0,29±0,01</u> 0,13-0,58
Индекс печени, %	<u>1,00±0,05</u> 0,38-1,73	<u>1,18±0,04</u> 0,58-2,08	<u>1,14±0,05</u> 0,27-3,31
Индекс желудочно-кишечного тракта, %	<u>2,63±0,10</u> 1,79-3,98	<u>6,08±0,26</u> 1,14-10,82	<u>8,31±0,19</u> 3,50-12,86
N, экз.	25	50	100

В феврале (18.02) доля питавшихся рыб в выборке составляла всего 12,0%, в апреле (01.04) уже 34,0%, а в июне (04.06) – 54,0%. За период подращивания (с февраля по июнь) было отмечено увеличение количества потребляемой молодью пищи. Индекс наполнения желудочно-кишечного тракта увеличился с 3,45 до 163,29‰. Перед выпуском молоди кеты в естественный водоем средние значения индексов внутренних органов составили: индекс сердца – 0,29%, печени – 1,14%, желудочно-кишечного тракта – 8,31% от веса тела (табл. 6). Всего с 03 по 16.06.2014 г. с Янского ЛРЗ

было выпущено в базовую реку завода (р. Яна) 1,450 млн. экз. молоди кеты (см.табл.2).

Выводы

В целом по итогам выполненных исследований можно заключить, что заводская молодь кеты (поколение 2013 г.), выращенная в условиях Янского ЛРЗ, а также молодь кеты с Ольской ЭПАБ, после подращивания в естественных водоемах характеризовалась достаточно высокими размерно-весовыми и хорошими физиологическими показателями, за исключением молоди кеты происхождения из р. Армань. Совершенно очевидно, что на Арманском ЛРЗ в настоящее время нет технических возможностей для улучшения биологических показателей молоди кеты. Поэтому одним из реальных путей улучшения качественных показателей молоди на этом ЛРЗ перед ее выпуском в море, является расширенное использование природных водоемов для садкового подращивания лососей.

В 2014 г. в водоемы Магаданской области было выпущено всего 7,307 млн. молоди кеты. Незначительные объёмы выпуска молоди кеты в базовые водоемы Тауйской губы в ближайшей перспективе не смогут обеспечить высокую численность нерестовых возвратов заводских производителей в эти водоемы.

AUTOSEGREGATION OF THE UNIANTHY– SYNANTHY CHARCTERS IN APOZYGOTIC PROGENIES OF SUGAR BEET (*BETA VULGARIS* L.)

MALETSKII S.I., YUDANOVA S.S., MALETSKAYA E.I.

RUSSIA, INSTITUTE OF CYTOLOGY AND GENETICS SB RAS

Abstract. The autosegregation of unianthy-synanthy (UA-SA) characters in apozygotically reproduced progenies of hybrid sugar beet has been studied (UA-SA character is connected with mono- and multigerm character). The different proportion of UA-SA plants were observed in the apozygotic progenies. It is shown that the instability of UA characters expression, conditioned by epigenetic variability of loci controlling this character, is observed in recessive homozygotes (*mm*) progenies. In particular, mixoploidy (multichromotide chromosomes), which high occurrence frequency was noted in the Chenopodiaceae family, where *B. vulgare* belongs to, may be one of epigenetic variability mechanisms. Experimental data about the influence of plant growth conditions on the UA-SA character expression are discussed.

Key words: Apozygotic seed reproduction, autosegregation, epigenetics, mixoploidy, unianthy and synanthy expression.

Beet plants form on carrying shoots with a large number of flowers located on shoots either separately from each other (unianthy phenotype – UA) or assembled in clusters (synanthy phenotype – SA). It was shown in the first experiments on the inheritance of this characters that it is realized on the monohybrid scheme: UA – the recessive character (*mm*), SA – the dominant character (*MM* or *Mm*) [1, 2]. It was shown during numerous observations that the UA-SA characters segregates not according to the Mendel rules. In particular, the instability of the UA-SA characters expression is observed in the progenies obtained under the reproduction of *mm* homozygotes contained in them, i.e. epigenetic variability [3].

The nature of epigenetic variability is not univocal, and cytosine methylation or demethylation in DNA molecules, providing the active or inactive state of certain loci, is one of its mechanisms. Cytosine methylation in C-G pairs (m^5C) does not affect DNA coding properties because m^5C participate in coding the same polypeptides as nucleotides without methylation. It was shown that, changing the sugar beet genome methylation level (epimutagene 5-azacytidine-treated plants), it is possible to decrease the portion of "flower cluster" of phenotype SA in progenies [4]. Polyploidy is the other mechanism of epigenetic variability in plants. Mixoploidy or variability of chromosomes number in plant somatic cell nuclei is typical of beet somatic cells [5, 6].

The aim of the present research was: a) analysis of autosegregation on the UA – SA character in apozygotic progenies of hybrid of sugar beets reproduced in two geographical locations; b) theoretical and experimental analysis of the UA-SA phenotypic ratios in apozygotic sugar beet progenies (generations A_1 and A_2).

Material and methods. The apozygotic progenies of two ms-hybrids "Lenturon" (**BL**) and "Iris" (**BI**) were used as a material. F_1 sugar beet ms-hybrids are obtained by crossing of monogerm ms-lines (genotype mm) with a multigerm beet form (genotype MM). Generations of apozygotic reproduction are designated with letter "A" with a lower index indicating the number of generation: A_0 – initial plants (or F_1 , genotype Mm); A_1 and A_2 – progenies obtained after 1 or 2 generations of apozygotic reproduction, respectively. Experimental observations were made in two locations: 1) Novosibirsk (Russia); 2) Nesvizh (Belarus). Autosegregation on the UA-SA character was observed both in A_1 (parent plants had genotype Mm) and in A_2 (parent plants had genotype mm) generation. The investigation were carried out during three years (2010-2012).

Parthenogenetic mode of seed reproduction. Sugar beet afford to reproduce the seeds both zygotic (double fertilization) and apozygotic way (parthenogenesis) [7]. Parthenogenetic (without pollen) seed reproduction is characteristic for wild species of genus *Beta* [8]. It is possible to obtain seeds without pollen participation both in sugar beet plants with fertile pollen and from male sterile plants [7]: such plant embryogenesis begins in closed flowers. To obtain apozygotic seed progenies plants were grown in an isolated plot, leaving only

plants with completely defective pollen grain (phenotypes mc_0 , mc_1) and removing semi-fertile (phenotype mc_2) plants.

Theoretical autosegregation models. Autosegregation is a genes distribution in diades and tetrades cells of megaspores during meiotic divisions in heterozygous genotypes [9]. Herein, heterozygosity is understood as not only the presence of two different alleles (Mm) in one locus, but also as epiheterozygosity (mm') - when recessive alleles of one locus are both in active (m') and inactive states (m). In the present report, autosegregation in the progenies obtained under seeds apozygotic reproduction in homozygotes mm (UA plants) is considered.

Seeds in an apozygotic progenies also have a diploid level (dihaploid seed progenies) by mono-parent reproduction of diploid plants. Such situation is possible if either tetraploid cells with monochromatide chromosomes, or diploid cells with two or more chromatides in chromosomes (cells with duplo- or quadruplochromosomes) [7, 10, 11] enter meiosis in diploid plants.

The theoretically expected phenotypic ratios on the UA-SA character in the progenies under apozygotic reproduction are presented in Table 1. Homozygotes mm form flower-carrying shoots of phenotype UA [1, 2]. But if the transformation of a normal allele into epiallele ($m \rightarrow m'$) occurred during epigenesis, then epigenotypes that form SA plants appear in plant progenies of genotype mm [3].

Stochastic genetic markers (number of chromatides) variability frequency in interphase cells and macrospore cells allow one to use the hypergeometrical homological chromatides distribution model at meiosis in the description of their genotypes formation process on the studied locus [9, 11]. The expected proportions of UA – SA phenotypes on the character under study (Table 1) were calculated from the following suppositions: a) the ratio of chromatides number in parent plant interphase nuclei varies from 2 to 8; b) the number of chromatides with a normal and epimutant allele in homological chromosomes may be both the same and different.

Table 1 - The expected ratio of geno- and phenotypes by the autosegregation of the UA-SA characters (*Mm* locus) in the apozygotic seed progenies at different ratios of normal (*m*) and epimutant (*m'*) alleles in the homologous chromosomes

no.	ratio of 2 types chromatid in interphasee		doubled number of chromatid in megaspore		Geno- and phenotype ratio by autosegregation (<i>m'</i> : <i>mm</i>)	UA-plants (<i>mm</i>) in progenies, %
1	<i>m'</i>	<i>m</i>	2 <i>m'</i>	<i>2m</i>	5 : 1	16,7
2	<i>m'</i>	<i>2m</i>	2 <i>m'</i>	<i>4m</i>	9 : 6	40.0
3	<i>m'</i>	<i>3m</i>	2 <i>m'</i>	<i>6m</i>	13 : 15	53.6
4	<i>m'</i>	<i>4m</i>	2 <i>m'</i>	<i>8m</i>	17 : 28	62.2
5	<i>m'</i>	<i>5m</i>	2 <i>m'</i>	<i>10m</i>	21 : 45	68.2
6	<i>2m'</i>	<i>m</i>	4 <i>m'</i>	<i>2m</i>	14 : 1	6.7
7	<i>2m'</i>	<i>2m</i>	4 <i>m'</i>	<i>4m</i>	22 : 6	21.4
8	<i>2m'</i>	<i>3m</i>	4 <i>m'</i>	<i>6m</i>	30 : 15	40.0
9	<i>2m'</i>	<i>4m</i>	4 <i>m'</i>	<i>8m</i>	38 : 28	42,4
10	<i>2m'</i>	<i>5m</i>	4 <i>m'</i>	<i>10m</i>	46 : 45	49.5
11	<i>3m'</i>	<i>m</i>	6 <i>m'</i>	<i>2m</i>	27 : 1	3.6
12	<i>3m'</i>	<i>2m</i>	6 <i>m'</i>	<i>4m</i>	13 : 2	13.3
13	<i>3m'</i>	<i>3m</i>	6 <i>m'</i>	<i>6m</i>	51 : 15	22.7
14	<i>3m'</i>	<i>4m</i>	6 <i>m'</i>	<i>8m</i>	63 : 28	31.5
15	<i>3m'</i>	<i>5m</i>	6 <i>m'</i>	<i>10m</i>	75 : 45	37.5

Fifteen variants, which will be used as null-hypotheses when discussing the data about autosegregation in seed apozygotic progenies on the UA-SA character, are presented in Table 1. The calculation of two genotypes frequency (UA and SA) was carried out on formula (1) – hypergeometrical probability distribution model [11], where *a* and *b* – numbers of two chromatide types in homological chromosomes carrying allele *m* and *M* or *m* and epiallele *m'*, respectively.

$$\binom{a}{2} \binom{b}{0} m'm + \binom{a}{1} \binom{b}{1} m'm + \binom{a}{0} \binom{b}{2} mm = \binom{a+b}{2} \quad (1)$$

The cells that appear during meiosis are supposed to be diploid, i.e. they have two chromosomes (chromatides) of each homologue [7, 9], independently from a chromatides number in MMCs (mother megaspore cells). The total number of various geno- and epigenotypes in the progeny is given in the right part of formula (1), on the left – the frequency of each of three geno- and epigenotypes that occur during meiotic divisions. As it follows from Table 1, the portion of UA plants, depending on the chromatides number of the considered variants, varies from 3.6 to 68.2%.

Statistical processing. If apozygotic progenies are obtained from UA plants (mm), then the appearance of plants with the dominant phenotype (SA) in their progeny may be connected with epimutation of allele $m \rightarrow m'$. The supposition on the thing that segregation on the UA – SA character in apozygotic progenies is described either as autosegregation of heterozygote Mm or autosegregation of epiheterozygote mm' is accepted as "null-hypothesis". Statistical agreement criteria G was used to compare selective proportions with the "null-hypothesis" (Table 1). The "G" criterion is the basic one when comparing the "null-hypothesis" and empirical distribution under characters segregation in genetic experiments [12]. The value of criterion G was found on formula (2), where f_i and f'_i are empirical and theoretical concrete distributions frequencies over the character under study.

$$G = 2 \left(\sum_i f_i \ln \frac{f_i}{f'_i} \right) = 2 \sum_i f_i (\ln f_i - \ln f'_i) \quad (2)$$

Results. The expected ratios of UA and SA phenotypes in seed progenies, at the supposition that MMCs of different plants differ from each other in their chromati-des number in chromosomes, and they have epigenome variability, are presented in Table 1. As follows from the above-mentioned calculations, a gradual increase of the portion of UA phenotypes in the progenies – from 16.7%, under mono-chromatide chromosome structure, to 22.7% at triple-chromatide structure (models 1, 7, 13) – proceeds at an also equal chromatides ratio in homological chromosomes carrying alleles m and m' (1:1, 2: , etc). If the ratio of chromatides carrying epialleles m and m' is presented not at an equal proportion (1:2 or 2:1 and others), there are sharp differences observed in the portion of plants with the recessive UA phenotype: 40 and 6.7% (models 2 and 6, respectively). Experimental data for 3 years of observation on auto-segregation of the UA–SA character in the hybrid progenies, which correspond to different proportions of UA & SA phenotypes are presented in Tables 2 and 3.

The observation results on segregation in sugar beet hybrids "**BL**" and "**BI**" (generation A_1), reproduced in two geographical locations (Novosibirsk, Nesvizh), are presented in Table 2. The plant ratio of SA and UA phenotypes in hybrid "**BL**" (Novosibirsk) corresponds to model 1 according to which heterozygote

Mm had standard one-chromatide chromosomes and the expected phenotypic ratio of 5 SA : 1 UA. As is seen from the data of these table, the value of statistical criterion G (df = 1) is equal to 1.14, i.e. the obtained proportions on the UA-SA character in hybrid '**BL**' do not contradict the null-hypothesis with a probability that exceeds 95%. This very hybrid, but grown in the other location (Nesvizh), had a different phenotypic proportion – 22 SA : 6 UA (model 7), which is indicative of the thing that, in this case, heterozygous plants *Mm* had two-chromatide chromosomes. This, at first sight, paradoxical difference does not contradict the earlier published data, according to which the phenotypic ratio on the UA-SA character in segregating progenies is not rarely determined by growth location and conditions. Despite the thing that plants of only UA phenotype in studying inbred progenies, "among 19 inbred progenies none was found to have a stable UA character expression. The portion of each of phenotype in inbred progenies depended on the location of seed plant growth [13]".

Table 2 - A ratio of plants with the UA-SA phenotypes in male sterile hybrids «**BL**» and «**BI**» in A₁ generation (apozygotic reproduction) in two geographic points*

Hybrids	Years	Number of plants				An expected ratio of phenotypes SA : UA **	G-test value (df = 1)
		total	SA	UA	% UA		
« BL »	2010	108	94	14	12,96	5 : 1 (1)	1,14 (0.30 < P < 0.10)
	2012	351	284	67	19,09	22 : 6 (7)	1,16 (0.30 < P < 0.10)
« BI »	2010	58	45	13	22,41	11 : 3 (7)	0,2 (0.70 < P < 0.50)
	2012	111	76	35	31,53	63 : 28 (14)	0,04 (0.95 < P < 0.90)

* Novosibirsk, 2010; Nesvizh, 2012.

**In the brackets shown a number of model that was used as null hypothesis (table 1)

In hybrid '**BL**' (genotype *Mm*) autosegregation on the UA-SA character in A₁ was realized according to model 7, according to which the hybrid chromosomes consisted of 4 chromatides and their phenotypic ratio in the progeny corresponds to ratio 11 SA : 3 UA (model 7, Table 1). The value of static criterion G (df = 1) for hybrid '**BI**' (Novosibirsk) is equal to 0.2, i.e. the segregation data do not contradict the "null-hypothesis" at probability P > 95%. This very hybrid grown in the other geographical location (Nesvizh) gave a different ratio of

phenotypes corresponding to model 14. According to this model, MMCs had 7-chromatide chromosomes.

Table 3 - A plant ratio by UA-SA characters in the progeny of «BL- hybrid» (A₂; Nesvizh, 2012)

Sample designation	Number of plants			% UA	An expected phenotype ratio SA : UA*	G-test value (df = 1)
	total	SA	UA			
«BL» – 2	205	128	77	37,56	3 : 2 (2)	0.50 (0.50 < P < 0.30)
«BL» – 10	176	105	71	40,34	3 : 2 (2)	0.02 (0.70 < P < 0.50)
«BL» – 49	175	101	74	42,29	3 : 2 (2)	0,38 (0.50 < P < 0.30)
«BL» – 71	121	87	34	28,10	63 : 28 (14)	0.66 (0.50 < P < 0.30)
«BL» – 76	170	114	56	32,94	63 : 28 (14)	0.16 (0,95 < P < 0,90)
«BL» – 85	227	153	74	32,60	63 : 28 (14)	0.06 (0.70 < P < 0.50)
«BL» – 108	170	118	52	30,85	63 : 28 (14)	0.60 (0.50 < P < 0.30)

*In the brackets shown a number of model that was used as null hypothesis (table 1)

In further experiments, plants of generation A₂, obtained from UA plants (*mm*), from A₁ were used in the following experiments. Despite the thing that homozygotes progenies are involved in breeding (progenies of plants with UA phenotype), in the next reproduction generations, just as in A₁, segregation on the studied character is also observed. Then observation results of 6 A₂ progenies in hybrid «BL» are presented in Table 3. As is seen from the presented data, despite the thing that homozygotes were used as the initial material, segregation on the UA-SA character is observed in A₂ of all 6 progenies. The theoretical models no. 2 and 14, taken as the "null-hypothesis", are indicative of the thing that autosegregation proceeded according to model 2 (3-chromatide chromosomes) in 3 out of 6 progenies, in the rest 3 progenies – according to model 14 (7 chromatides participated in segregation).

Analogous materials on segregation in generation A₂ of «BI» hybrid are presented in Table 4. As it follows from the materials, in 3 cases out of 7, MMCs had two-chromatide chromosomes with an equal epiallelic ratio (model 7). In this case, the expected phenotypic ratios in the analyzed progenies are equal to 11SA:3UA. Seven chromatides (model 14) participated in segregation in 3 cases out of 7. The expected ratios are 63SA:28UA. The segregation in one progeny is described with model 13 – 3-chromatide chromosomes with an equal epiallelic ratio. The expected phenotypic ratio is 51 SA : 15UA.

Table 4 - A plant ratio by UA-SA characters in the progeny of «*Bl*- hybrid» (A_2 ; Nesvizh, 2012)

Sample designation	Number of plants			% UA	An expected phenotype ratio SA : UA*	G-test value (df = 1)
	total	SA	UA			
« <i>Bl</i> » – 7	222	164	58	26,13	22 : 6 (7)	2.77 (0.10 < P < 0.05)
« <i>Bl</i> » – 45	187	146	41	21,93	22 : 6 (7)	0,03 (0.95 < P < 0.90)
« <i>Bl</i> » – 56	145	115	30	20,69	22 : 6 (7)	0,05 (0.95 < P < 0.90)
« <i>Bl</i> » – 1**	380	286	94	24,72	51 : 15 (13)	0.86 (0.50 < P < 0.30)
« <i>Bl</i> » – 46	117	86	31	26,50	63 : 28 (14)	1.03 (0.50 < P < 0.30)
« <i>Bl</i> » – 27	137	96	41	29,93	63 : 28 (14)	0.05 (0.95 < P < 0.90)
« <i>Bl</i> » – 34	185	126	59	31,89	63 : 28 (14)	0.11 (0.95 < P < 0.90)

*In the brackets shown a number of model that was used as null hypothese (table 1)

**The seeds reproduced in Nesvizh (2011).

Discussion. The idea about the alleles of one locus being active or inactive (recessive) and the thing that the states determine progenies proportions in segregate-ing progenies has been long known. As it follows from the materials of Table 2, segregation on the UA-SA character (locus *Mm*) is observed in both A_1 hybrids. When comparing the portion of UA plants in the same plants in two geographical locations, it is seen that the portion of UA plants is higher in Nesvizh than that in Novosibirsk: 19.09% and 12.96% on hybrid «*BL*», and 31.53% and 22.41% on hybrid «*Bl*». Considering the segregation results on the UA-SA character within the concept of epigenetic variability, one can note that a different epigenetic variability level is typical of the plants grown in these two geographical locations. In one case, plants 2-chromatide chromosomes (model 1) for hybrid «*BL*» in Novosibirsk (2010); in the other case, – 4-chromatide (model) 7 in Nesvizh (2012). The situation is similar also on hybrid «*Bl*»: the 4-chromatide segregation model in Novosibirsk (2010, model 7) and the 7-chromatide segregation model in Nesvizh (2012, model 14). The differences between the results of comparison on each of hybrids in two geographical locations are statistically not significant ($G = 2.13$ for " *BL*" progenies and $G = 1.56$ for «*Bl*» progenies). In summing up the hybrids observation results in both locations, the portion of UA plants was 17.6% in «*BL*» hybrid progenies on the average; that of hybrid «*Bl*» – 28.64, the difference between the hybrids being statistically significant ($G = 8.36$, prominence level $P < 0.01$).

A₂ seed progenies obtained by A₁ (*mm*) UA plant self-reproduction, as it follows from the materials of Tables 3 & 4, segregate in both geographical locations despite that *mm* homozygotes were chosen as parents. More than a 1.5-fold variability on the UA – SA character is observed in these progenies. The plant portion of UA phenotype in different apozygotic progenies deviates from 28.10% to 42.29% over "**BL**" progenies and from 20.69% to 31.89% over «**BI**» hybrid progenies.

One can suppose that epigenetic changes in the activity of locus determining the UA-SA character in beet are connected with cell genome mixoploidy in somatic cells which, in its turn, determines the genome methylation level and genes activation and inactivation connected with it. It is possible to conclude that segregation in homozygous plant progenies (genotype *mm*) on the UA - SA character is a bright example of the third (epigenetic) type of inherited variability.

As it was mentioned in the Introduction, the plant intracellular variability mechanism is epigenome variability of a chromosomes number in cell population nuclei. This variability can be experimentally observed determining the DNA mass per nucleus or by calculating a chromosome number in meristem cells [14, 15], or indirectly – by calculating a number of chloroplasts in closing cell stomata. Other observations and ours show that, a number of chloroplasts grows in closing stomata cells [6] with a growth of genome ploidy level. Instability of chromosomes number in somatic cells [14, 15] is one of sugar beet cytogenetic peculiarities. For instance, deviations in DNA mass per certain nuclei of beet shoots tissue are different at two orders [14]. One can suppose that the number of homological chromatides at the cell cycle interphase may strongly vary, and this is determined by cell and tissue activities and is connected with a program of cell metabolism in concrete growth and developmental conditions. The multitude of chromosomes number observed in somatic cell nuclei is absent in meiotic division products: restoration of gametic (somatic) chromosomes number is likely to proceed in these cells. Probably, the structural connection of chromatides with a nuclear membrane is a possible stabilization mechanism of a chromosomes number. The nucleus membrane is structured and the number of chromosome attachment compartments is limited, and it corresponds to the

gametic (somatic) chromosomes number in cell nuclei. Therefore, the additional nuclei synthesized in interphase nuclei are disintegrated during cell (meiotic) divisions and the process of gametes genotype formation proper is stochastic. The similar regulation mechanism of megaspores of geno- and phenotypic proportions was shown in the analysis beet apozygotic progenies on isozymes markers [16].

References:

1. Bordonos M.G. 1938.. *Breeding and Seed Production*, 6: 24-27 (Russ.).
2. Savitsky V.F. 1952. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Technol.* 7: 331-338.
3. Maletskii S.I. 1999. *Sugar Tech.* 1(1&2):23-29.
4. Maletskaya E.I., Yudanov S.S., Maletskii S.I. 2006. *Rus. J. Genet.* 42(7): 769-774.
5. Yudanov S.S. 2004. S.-Petersburg: Vavilov Res. Inst. of Plant Indust. Thesis of PhD.
6. Yudanov S.S. 2010. *Biology, genetics, plant breeding.* 63–86. Novosibirsk publishing house “Sova” (Russ.).
7. Maletskii S.I., Maletskaya E.I. 1996. *Rus. J. Genet.* 32(12): 1431–1438
8. Barocka K.H. 1966. *L. Z. Pflanzenzücht.* 56 (4): 379–388.
9. Maletskii S.I. 1997. *Russ. J. Genet.* 33(10):1139–1145.
10. D’Amato F. 1985. *CRC Crit. Rev. Plant Sci.* 3(1): 73–112
11. Maletskii S.I. 2000. Novosibirsk: IC&G Rus. Acad. Sci. Sib. Branch (Russ.).
12. Sokal R.R., Rohlf F.J. 1995. *Biometry the principles and practice of statistics in biological research.* New York: W.H. Freeman and company.
13. Khanov S.E. 1995. Novosibirsk: IC&G Rus. Acad. Sci. Sib. Branch. Thesis of PhD.
14. Maletskaya E.I., Maletskaya S.S. 1999. *Sugar Tech.* 1(1/2): 30–36.
15. Maletskaya E.I. Yudanov S.S. 2013. Kiev, 2013. V. 13. P. 210–214.
16. Levites E.V. 2010. In *Encyclopaedia of genus Beta. Biology, genetics plant breeding.* 302–317. Novosibirsk: publishing house “Sova” (Russ.).

ТЕХНОЛОГИЯ ГЕРБАРИЗАЦИИ МЕЖДУ ЛИСТОВ СПАНБОНДА

СЛАВГОРОДСКИЙ А. В.

РОССИЯ, ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. Предложена новая технология сушки и хранения гербарных образцов. Она состоит в использовании нетканых полимерных материалов (НПМ) для создания воздушной прослойки, как между образцами растений, так и сеткой прессы. Пресс стягивается синтетическими ремнями с силовыми затяжками. Хранение осуществляется в НПМ, из которых изготавливаются подложки для образцов, видовые и родовые рубашки, папки для хранения пачек.

Ключевые слова: гербарий, новый способ сушки растений, нетканые полимерные материалы, спанбонд, геотекс, агротекс.

Методы гербаризации растений описаны в ряде публикаций, а так же в специальных руководствах (Рычин, 1948; Сюев, 1949; Катанская, 1956, 1981; Скворцов, 1967, 1977; Гербарное дело..., 1995; Чемерис, 1999; Лисицына, 2003, 2006; Щербаков, Майоров, 2006; The Herbarium..., 2010).

Сушка и сохранение растений при сборах в полевых условиях являются важными этапами в создании сухих коллекций. Существующие методы удобны при гербаризации сухопутных растений. Гербаризация внутриводных и околоводных растений традиционным способом очень трудоёмка, требует значительно больших затрат ручного труда (Лисицына, 2003, 2006).

В настоящее время собранные растения сушат либо непосредственно в полевых условиях, либо собирают по «методу Швайнфорса» обрабатывая растения спиртом (Гербарное дело..., 1995 : 248), а затем прессуют и сушат в лаборатории. Последний метод дорог и широко не используется. В полевых условиях собранные образцы сушат общепринятым способом в гербарных сетках с применением бумаги (тканей, ваты и т.п.) в качестве

влагоотбирающего материала, прокладывая гофрированный картон, фольгу или решётки из дерева для ускорения сушки (Гербарное дело..., 1995). Хорошо известен метод Мадальского (Madalski, 1958, цит. по Гербарное дело..., 1995 : 247 – 248). Он основан на том, что прессы делаются довольно тонкими, чтобы вся влага испарялась непосредственно с поверхности, а не удалялась при смене прокладок.

Удобен для сушки водных растений метод Д.И. Литвинова (Скворцов, 1967; Чемерис, 1999) используемый в гербарии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (IBIW). Образцы внутриводных растений, высушенные этим методом, получают высококачественными. Однако, применяемое в качестве прокладок сукно очень тяжёлое и, поэтому, малоприспособлено для сушки растений в пеших экспедициях. Хорошо известен метод закладки внутриводных растений со слипающимися на воздухе листьями в воде на листе пергамента, кальки или на любом плотном листе бумаги с последующей сушкой общепринятым способом (Лисицына, 2003, 2006).

В настоящее время созданы нетканые полимерные материалы (НПМ) нашедшие широчайшее применение в сельском хозяйстве и промышленности. Их свободно можно купить в магазинах. В последние годы они стали дешевле бумаги, тканых материалов и сукна (Рынок спанбонда..., 2006; Российский рынок..., 2009). Применение НПМ коренным образом меняет всю систему сбора, сушки и хранения, гербарных образцов.

Технология «спанбонд»

С начала XXI века широкое распространение в быту, промышленности и сельском хозяйстве получили нетканые полимерные материалы, производимые по технологии спанбонд. Спанбонд (spunbond) – это технология производства нетканого материала, которая заключается в выделении из расплава полимера через фильеры тонких непрерывных нитей (филаментов), укладывании их в холст с последующим скреплением различными методами (Рынок спанбонда..., 2006).

До начала 1990-х годов нетканый материал невозможно было применить для гербаризации растений, так как толщина волокон была слишком большой, из-за чего материал получался жестким и неравномерным. Революционную технологию Reicofil предложила Reifenhäuser Group, открывшая целый поток новых технологических решений со стороны производителей оборудования для выработки нетканых материалов. В результате современные технологии позволяют производить материал почти в 50 раз тоньше человеческого волоса, и отличной равномерностью по всей ширине полотна. Термоскрепленный спанбонд – это, как правило, легкий материал (до 150 г/м²), предназначенный для использования его во многих отраслях народного хозяйства. Термоскрепленный спанбонд плотностью порядка 150 г/м² успешно применяется и в качестве геотекстиля. В целом диапазон плотностей спанбонда варьирует от 15 г/м² до 600 г/м² (Рынок спанбонда..., 2006).

Дешевизна получаемого материала способствует его широкому распространению во все отрасли хозяйства. Материалы с торговыми названиями «агротекс», «агрил», «спанбонд» намного дешевле бумаги, тканей и сукна. Полимерные нити, из которых состоит материал, обладают свойством отталкивать влагу, они не намокают. Через материал любой плотности свободно проходит воздух и пары воды. Для нужд сельского хозяйства выпускается материал чёрного цвета, содержащий светосабилизирующие добавки, не разрушающийся под воздействием солнечных лучей (Рынок спанбонда..., 2006).

Использование НПМ в гербарном деле

Указанные материалы идеально подходят для гербаризации растений. В 2007 году мною предложен новый способ сушки растений для гербария (Славгородский, 2007, 2008, 2013, 2014). Он заключается в создании вокруг образца в гербарном прессе, с помощью НПМ, тонкой воздушной прослойки. Благодаря свободному доступу воздуха образец растения быстро высыхает, приобретая плоскую форму. Устройство для сушки растений запатентовано (Славгородский, 2008). Способ чрезвычайно прост и не требует специальной подготовки и сложного оборудования.

Растения сушат в гербарном прессе, вместо общепринятых газет применяя рубашки из агротекс (геотекс) чёрного цвета плотностью от 60 г/м² до 150 г/м². Влагопитывающие прокладки не нужны! Перекладывать рубашки не нужно! Растение один раз закладывается в гербарный пресс в рубашку из НПМ, стягивается синтетическими ремнями с силовыми затяжками и выставляется на яркое солнце, где остаётся до полного высыхания. Если солнца нет, можно сушить и в тени. Сушка идет по принципу «заложил и забыл». В один гербарный пресс можно закладывать до 50 рубашек с образцами. Рубашки из агротекс чёрного цвета на солнце нагреваются, что ускоряет сушку образцов. Водные растения сохнут быстрее сухопутных, так как легче отдают влагу. Нежные части растений не прилипают к НПМ. По завершении сушки сохраняется естественный цвет растений. По сравнению с общепринятым (Гербарное дело..., 1995; The Herbarium..., 2010), предлагаемый способ позволяет значительно снизить трудозатраты при гербаризации, при лучшем качестве получаемых образцов растений. Вес носимого в экспедиции комплекта рубашек из НПМ легче, чем из бумаги. Рубашки из НПМ служат дольше, чем газеты.

Для хранения гербарных образцов также подходят НПМ. Они долговечнее и намного дешевле бумаги, не крошатся, не впитывают влагу из окружающего воздуха, не страдают от солнца (материалы со светостабилизирующими добавками), их не повреждают насекомые. В качестве видовых и родовых обложек можно использовать агротекс чёрного цвета плотностью от 30 г/м² до 80 г/м². А в качестве подложки для монтировки образца следует использовать тот же агротекс (геотекс, спанбонд, агрил) плотностью от 120 г/м² и более. Образец можно крепить, пришивая синтетическими нитками или оставлять не прикрепленным. Возможно и использование клея, не разрушающегося в результате длительного хранения. Хранение можно осуществлять на открытых стеллажах помещая пачки образцов растений в папки, изготовленные из НПМ закрывающиеся плотно на застежках-молниях. Солнечные лучи не повреждают образцы в пачках, поскольку НПМ имеют светостабилизирующие добавки. Доступ воздуха к образцам свободный, что позволяет избежать повреждений грибами. В пачку не проникнут

насекомые повреждающие образцы, бумагу и дерево. Поскольку отверстия в НПМ чрезвычайно малы и в гербарии нет бумаги, а от деревянных шкафов можно легко отказаться, заменив их металлическими.

Результаты полевых испытаний

В 2009 – 20011 годах устройство сушки растений для гербария прошло проверку во время полевых работ в Средней России, на северном Урале, в Северной Африке и Франции. Сушке подвергались морские и озерные макроводоросли, сухопутные и водные споровые и цветковые растения. Везде устройство зарекомендовало себя с наилучшей стороны.

Это устройство отличается удобством в использовании, быстро высушивает растения в условиях повышенной влажности без потери внешнего вида и окраски (проф. О.В. Смирнова, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН).

Предложенный полимерный материал «агротекс», был использован нами для щадящей сушки фитосырья лекарственных растений на открытом воздухе: прикрытые материалом «агротекс», собранные и порезанные растения не разлетаются от ветра, быстро высыхают, не теряют цвета и качества (зам. дир. Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений РАСХН, Н.И. Сидельников).

The original action process of the model consists of soft, progressive evaporation of water through special materials, named Agrotex, which, to my knowledge, were not used for this purpose before. This new material provides excellent drying as it perfectly prevents from moisture. By its little weight and comfortable size, this sampler is easy to carry and provides perfect for botanical field collection.

Thus I am pleased to attest that the patent is worth being produced in larger numbers and should be proposed for sale at international level (Dr. habil. I. Soulie-Marsche, Universite Montpellier II, France).

Преимущества использования НПМ

1. Пресс получается многократно легче, чем пресс с газетами. 2. Не нужно иметь запас газет и их сушить. 3. Можно закладывать растения, как под водой (даже глубоко под водой с использованием акваланга), так и на суше в любую погоду, в том числе под проливным дождем. 4. Рубашки можно использовать многократно. 5. НПМ дешевле бумаги. 6. Рубашки не задерживают в себе влагу. 7. Растения легко отделяются от рубашек, не липнут. 8. Растения полностью сохраняют свой цвет и качество.

Список литературы:

1. Гербарное дело: Справочное руководство. Русское издание / Под ред. Д. Бридсон, Л. Формана. Кью: Королевский ботанический сад, 1995. 341 с. + xvi.
2. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР (методы исследования). Л.: Наука, 1981. С. 66 – 68.
3. Катанская В.М. Методика исследования высшей водной растительности // Жизнь пресных вод СССР. М.– Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4. Ч. 1. С. 160 – 182.
4. Лисицына Л.И. Гербаризация водных растений, оформление коллекций // Гидрботаника: методология, методы: Материалы Школы по гидрботанике (п. Борок, 8 – 12 апреля 2003 г.). Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. С. 49 – 55.
5. Лисицына Л.И. Особенности гербаризации водных растений, работа с коллекциями // Материалы VI Всероссийской школы–конференции по водным макрофитам « Гидрботаника 2005» (пос. Борок, 11 – 16 октября 2005 г.). Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2006. С. 27 – 33.
6. Российский рынок нетканых материалов гигиенического назначения. Отчёт. М.: Академия Конъюнктуры Промышленных рынков. 2009. 75 с.
7. Рынок спанбонда в России в 2006 – 2010 гг. Отчёт. М.: Академия Конъюнктуры Промышленных рынков. 2006. 101 с.
8. Рычин Ю. В. Флора гигрофитов. М.: Сов. наука. 1948. 448 с.
9. Скворцов А.К. Гербарий. Пособие по методике и технике. М., 1977. 199 с.
10. Скворцов А.К. Усовершенствование метода сушки растений для гербария // Бот. журн. 1967. Т.52. № 7. С. 975 – 978.
11. Славгородский А.В. Новый способ сушки растений для гербария // Биология внутренних вод: Материалы докладов XIII Международной молодёжной школы-конференции (Борок, 23 – 26 октября 2007 г.). Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2007. С. 205 – 211.
12. Славгородский А.В. Устройство сушки растений для гербария // Патент на полезную модель № 71212. Заявка № 2007137443, приоритет от 12.10.2007 г., зарегистрировано в Гос. реестре полезных моделей Российской Федерации 10.03.2008 г. Автор и патентодержатель А.В. Славгородский. 2008.

13. Славгородский А.В. Гербарий без бумаги (технология сушки и хранения гербарных образцов с использованием нетканых полимерных материалов) // Бот. журн. 2013. Т. 98, № 3. С. 106 – 110.
14. Славгородский А.В. Гербарий без бумаги. Краткое руководство по сбору, сушке и хранению гербарных образцов между листов спанбонда. ISBN: 978-3-659-64585-3, LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, 2014. 42 + x с.
15. Сюзев П.В. Гербарий. Руководство к собиранию и засушиванию растений для гербария. 7–е изд. М.: Изд–во МОИП, 1949. 87 с.
16. Чемерис Е.В. О методе сушки растений Д.И. Литвинова // Гербарный пресс. Информационный бюллетень. Сентябрь 1999. № 4. С. 9.
17. Щербаков А.В., Майоров С.Р. Инвентаризация флоры и основы гербарного дела: Методические рекомендации. М.: KMK Scientific Press, 2006. 50 с.
18. The Herbarium Handbook D. Bridson and L. Forman (eds.). Kew Publishing, digitally reprinted. 3rd edition. 2010. 346pp.

МЕТОД ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНЕЗА И.А. РАПОПОРТА В СОЗДАНИИ КОМПЛЕКСОВ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ И БИОРАЗНООБРАЗИЯ У ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

ЭЙГЕС Н.С., Волченко Г.А., Волченко С.Г.

Россия, Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН

Аннотация. Представлен метод химического мутагенеза, открытый крупным ученым генетиком И.А. Рапопортом. Данным методом авторами получено широкое генотипическое и фенотипическое разнообразие хемомутантных признаков, мутантов и сортов ими обладающих. Разнообразие связано, в том числе с возникновением новых признаков, не характерных для озимой пшеницы. В виде примера рассматриваются два новых селекционно ценных признака: устойчивость к мучнистой росе и очень высокие адаптивные свойства (на уровне ржи), подробно – устойчивость к разным компонентам, составляющим признак зимостойкости.

Ключевые слова: метод химического мутагенеза И.А. Рапопорта; устойчивость к мучнистой росе; зимостойкость; новые признаки; озимая пшеница; коллекция хемомутантов; гены; супрессоры.

Высоко эффективный метод химического мутагенеза был открыт в России крупным ученым генетиком И.А. Рапопортом ещё до Второй мировой войны [1]. Война помешала опубликовать это открытие и оно было опубликовано вскоре после войны. Метод химического мутагенеза был широко внедрен ещё при жизни Иосифа Абрамовича в разные отрасли науки и производства в 60-ые – 90-ые годы XX века.

Особенно широким было внедрение в селекцию сельскохозяйственных культур и в сельское хозяйство. Многие сорта разных культур успешно прошли Государственные сортоиспытания и были включены в Госреестр

селекционных достижений, допущенных к использованию. Особое значение имели сорта хлопчатника, пшеницы, подсолнечника (у последнего с новыми признаками, характерными для оливкового масла, что особенно важно, т.к. оливы в России не произрастают). По прошествии 25 лет после ухода из жизни Иосифа Абрамовича Рапопорта произошла сортосмена и теперь в Госреестре превалируют сорта, главным образом, созданные традиционными методами селекции с применением гибридизации и отборов. Малочисленность в настоящее время в Госреестре сортов, созданных с использованием метода химического мутагенеза объясняется ещё и тем, что в Государственную комиссию по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур теперь поступает меньшее число сортов по сравнению с 60 – 90 годами прошлого века, что объясняется трудной доступностью химических супермутагенов, рекомендованных И.А. Рапопортом. Новые хемомутантные сорта теперь возможно создавать, черпая исходный материал из коллекций хемомутантов у селекционеров, где они сохранились со времен XX века. Таких коллекций в настоящее время немного, т.к. у селекционеров ограниченные возможности их возобновления и сохранности. Группа мутационной селекции, которой удалось сохранить коллекцию, продолжает изучение мутантов и выделение среди них лучших. Характерной чертой коллекции является её широкое генотипическое и фенотипическое разнообразие, в том числе за счет возникновения новых хемомутантных признаков.

В наших исследованиях было найдено наиболее эффективное воздействие (из испытанных) супермутагеном на озимую пшеницу, состоящее в преобразовании генома при возникновении множества генных мутаций без повреждения генетического аппарата клетки [2], включая эпигенетические процессы. С полученными мутантами, обладающими хозяйственно-ценными признаками, ведется искусственный отбор с наложением элементов естественного отбора. Последнее особенно проявляет себя в неблагоприятные по климатическим условиям годы.

Наиболее эффективным воздействием была обработка семян высокомутабильного сорта озимой пшеницы этиленимином в дозах 0,01–0,04% при экспозиции 24 часа. Было получено широкое разнообразие

признаков и высокий выход мутаций и мутантов их несущих, включая селекционно ценные [3]. При этом селекционеру предоставляются большие возможности выбора мутантов с нужными признаками. Множественные генные мутации без плейотропного эффекта во многом определяют это широкое разнообразие, а последнее – возможность использования ценных признаков в разных востребованных направлениях: 1) зерновое продовольственное; 2) зерновое фуражное. 3) зелёнокормовое, на силос, сенаж, зерносенаж, сено; 4) экологическое; 5) экономическое; 6) медицинское; 7) нахождение экологических ниш, в которых соответствующие мутантные гены наиболее ярко проявляют своё действие. Дальнейшее изучение коллекции мутантов возможно выявит ещё какие-либо направления использования ценных признаков. Последнее 7-ое направление определило возможности создания новых хемомутантных сортов для разных регионов Страны: Центрального, Западно-Сибирского, Северо-западного, Ставропольского края, а также для Восточного Казахстана.

Приводим краткую характеристику хемомутантного сорта, одного из первых наших сортов, прошедших Государственное сортоиспытание и внедрённого по Центральному региону России.

Сорт имени Рапопорта

Включён в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 1995 году. В настоящее время сорт выращивается в Московской, Тверской, Рязанской областях. Общая площадь составляет более 1000 га. В Московской области охвачены сейчас Дмитровский и Клинский районы. Ранее сорт выращивался в районах: Ногинском, Егорьевском, Подольском, Можайском, Луховицком, Серебряно-прудском. Новая ситуация в сельском хозяйстве в конце 90-х годов 20-го века сузила ареал распространения сорта в Московской области, однако площади посевов под ним увеличились. Имеется перспектива распространения сорта в Рязанской области.

Сорт имени Рапопорта характеризуется высокими адаптивными свойствами [4] – зимостойкостью, засухоустойчивостью, нетребовательностью к

технологиям возделывания, агрофону, высокими хлебопекарными свойствами [5], устойчивостью и толерантностью к корневым гнилям, низкотемпературным сапрофитным фитопатогенам [6], возрастной устойчивостью к облигатному фитопатогену – мучнистой росе. Некоторые из этих признаков представляют собой новизну: 1) Как не характерные для озимой пшеницы и возникшие под влиянием мутагена. 2) Иные – представляют собой новизну по степени выраженности и яркости проявления.

В первом случае 1) признак устойчивости к мучнистой росе является новым, т.к. генетически не свойственен для озимой пшеницы с тремя геномами, произошедшими от разных исходных форм [7]. В настоящее время существует неясность: является ли ген устойчивости новым, возникшим в результате мутации, или он существовал в геноме, но был подавлен геном – супрессором, мутация которого позволила проявиться гену устойчивости [7]. Итак, признак устойчивости к мучнистой росе является новым, в обоих случаях, а мутантный ген будет новым, если он возник под действием мутагена, и не был в геноме до его действия и проявился после. Мы говорим об одном гене устойчивости к мучнистой росе, поскольку наш генетический анализ показал моногенную устойчивость.

Какой из этих двух механизмов устойчивости к мучнистой росе, вызванной действием мутагена, существует у сорта Имени Рапопорта, для нас пока не ясно. Ясно, что этот признак новый. Имеется возможность исследования данного вопроса более подробно.

Следующий признак, который мы относим к новым – 2) случай характеризуется высокой степенью его выраженности и ярким проявлением. Данным признаком в полной мере обладает сорт Имени Рапопорта. Это очень высокие адаптивные свойства, которые имеются и у других наших сортов.

Высокая степень выраженности признака отличает сорт Имени Рапопорта и другие наши сорта от иных сортов, полученных без использования метода химического мутагенеза. Высоким адаптивным свойствам сорта Имени Рапопорта и другим хемомутантным сортам и образцам коллекции

свойственна многокомпонентность признака, включающая несколько составляющих. К примеру, один только признак высокой зимостойкости включает в себя, по крайней мере, шесть компонентов, которые мы могли наблюдать, составляющих данный признак: это устойчивость к низким температурам – к вымерзанию (морозостойкость); вымоканию; выпреванию; задыханию под снегом; к снежной плесени (к последней – толерантность); к ледяным коркам и даже к толще льда; выпиранию.

Проиллюстрируем кратко поведение сорта Имени Рапопорта в Центральном регионе в отношении признака зимостойкости и конкретно – в отношении разных компонентов, составляющих этот признак. Не случайно для анализа был взят отрезок времени, когда наиболее часто наблюдались неблагоприятные и крайне неблагоприятные по климатическим условиям годы: 1994 – 2001, т.е. временной промежуток за 8 лет.

Год 1993/94. Ногинский район Московской области, хозяйство Кудиново. Осенью и в начале зимы, когда ещё не было снега температуры опускались до -25°C . Снег долго не выпадал, а когда выпал во 2-ой половине зимы, то был очень обильным, высотой больше метра. Он долго не сходил и стал теплопроводным. В марте создались условия для дыхания растений под снегом при отсутствии фотосинтеза. Растения расходовали сами себя. Такие условия оказались крайне неблагоприятными, экстремальными для озимой пшеницы. Сорта, возделываемые в Ногинском районе в 1993/94гг. Мироновская 808 и Заря не вынесли этих условий и погибли во всех четырёх хозяйствах, хотя ранее проявляли выносливость. Очевидно их выносливость была недостаточной, чтобы выжить в экстремальных условиях осени, зимы и весны 1993/94гг. С зерном озимой пшеницы оказалось только хозяйство Кудиново, у которого было 30 га. посева сорта Имени Рапопорта, сформировавшего урожай 47,6 ц/га. (рис. 1) на очень низком агрофоне песчаных и супесчаных почв. Другой наш хемомутантный сорт Белая также достойно перенёс эти условия. Его урожай составлял 41ц/га. После 1994 г. все хозяйства Ногинского района



Рис. 1. Сорт Имени Рапопорта.
Урожай 47,6 ц/га. 1994г.
Ногинский район, хозяйство
Кудиново, 100%
перезимовавших растений.

стали сеять только сорт им. Рапопорта, отказавшись от сортов Мироновская 808 и Заря. Сорт Московская 39, который сейчас распространён в России, тогда ещё не было. Однако, теперь в условиях зон рискованного земледелия сорт Московская 39 не всегда выдерживает особо экстремальные условия и по нашим наблюдениям зимует на уровне сортов Мироновская 808 и Заря.

Провокационные условия для выживания в 1993/94гг. в Ногинском районе были: вымерзание, выпирание, задохание под снегом.

Год 1995, следующий экстремальный. Ногинский район хозяйство Кудиново. Снег сошёл рано – в марте. Была плюсовая температура и растения начали вегетировать. Затем несколько

раз в течении марта наблюдались контрастирующие температуры от плюсовых до -12, -15°C. Растения сорта Имени Рапопорта несколько раз замерзали и оттаивали. Как бы вели себя в этих условиях стандартные сорта Мироновская 808 и Заря мы не знаем, т.к. их не высевали при нас. Когда наступил мороз в отсутствие снега по половодью растения сорта Имени Рапопорта оказались в толще льда, что опаснее, чем ледяная корка. Лёд был прозрачным и растения в нём просматривались как водоросли, ребята катались по этому льду на коньках. Специалисты предрекали гибель сорта. Сорт не погиб, но стеблестой поредел. Урожай составил 24 – 26 ц/га. Подобное изреживание случается с сортом им. Рапопорта крайне редко и на протяжении дальнейших 20-ти лет его не было. Подобный естественный отбор, наложенный на генетически вызванную высокую зимостойкость, пришёлся на пользу сорту и его зимостойкость возросла.

Провокационные условия в хозяйстве Кудиново Ногинского района для выживания в 1995г.: вымокание, вымерзание, оледенение.

Год 1997/98 крайне экстремальный по перезимовке. Подольский район, Учхоз Михайловское, Красная Пахра, Опытное поле МСХА. Осенью 1997 года, когда при отсутствии снега (аналогично осени 1994г.) температуры опускались до -25°C и ниже. Весна 1998 г. была беспрецедентно неблагоприятной: после схода снега в конце марта и начала вегетации растений при наступлении положительных температур, выпал снег. Затем он растаял и – снова вегетация. Но когда во второй раз выпал снег на вегетирующие растения и снова он сошёл в начале мая, предстала контрастная картина (рис. 2) хемомутантный сорт имени Рапопорта не изредился, урожай его составил 46,7 ц/га., а рядом расположенный стандартный сорт Инна, созданный традиционными методами селекции вне метода химического мутагенеза, не перезимовал. То же наблюдалось в Луховицком районе.

Перезимовка сорта озимой пшеницы **Им. Рапопорта** в сравнении с сортом **Инна (стандарт)** Московская обл. Подольский р-н. Учхоз Михайловское. 1998 год с крайне неблагоприятным осенне-зимне-весеннем периодом: снежная плесень, вымокание, вымерзание, выпревание.



Слева – сорт **Имени Рапопорта**.
95% перезимовавших растений.
Урожай 46,7 ц/га.

Справа (через промежуток) – сорт **Инна, стандарт**. 95% гибели растений после зимы: Урожай 0.

Рисунок 2.

Сорт Московская 39 в Подольском и Одинцовском районах перезимовал только на 10%.

Провокационные условия на выживание в 1997/98г. были: вымерзание, вымокание, снежная плесень, выпирание, ледяная корка, задохание под слоем вновь выпавшего снега.

Год 1999. Крайне неблагоприятный весенний период. Подольский район, Учхоз Михайловское, Красная Пахра, деревня Былово.

Провокационные условия на выживание: вымерзание, вымокание, ледяная корка, оледенение, задыхание в воде при высоких температурах воздуха.

Сорт Белая. Подольский район. Учхоз Михайловское. Опытное поле МСХА. Деревня Голохвастово. Весной снег сошёл в конце апреля при бурном таянии. Поля были залиты водой при высокой плюсовой (+23°C) температуре воздуха днём. Земля при этом была промёрзшей. Ночные температуры были низкими и земля долго не оттаивала. Ночью был лёд, а днём – растения стояли в воде. Весь этот комплекс неблагоприятных факторов был губительным для растений. Но сорт Белая выжил, несмотря на то, что вид поля после установившейся вегетации был мёртвым, а растения – чёрными. Сорт отрос, обладая высокой регенерационной способностью и сформировал урожай 40 ц/га.

Провокационные условия для выживания 1999г.: вымерзание, вымокание, гибель во льду, задыхание в воде.

Год 2001. Подольский район, Учхоз Михайловское, Красная Пахра. Сильное поражение снежной плесенью сорта им. Рапопорта и стандартного сорта Московская 39 – 90-100%. После поражения снежной плесенью растения сорта им. Рапопорта, обладая высокой регенерационной способностью и толерантностью к снежной плесени, быстро отрасли. Урожай его составил 40ц/га. Сорт Московская 39, обладая меньшей регенерационной способностью и отсутствием толерантности, отрос слабо. Урожай 8ц/га, т.е. в 5 раз ниже по сравнению с сортом им. Рапопорта.

За промежуток времени с 1994 по 2001гг., т.е. за 8 лет, крайне неблагоприятные условия перезимовки повторялись 4 раза, каждые 2 года.

Частое повторение экстремальных условий перезимовки помогло нам выявить высокозимостойкие хемомутантные сорта и образцы, а также проанализировать в отношении каких параметров перезимовки наши хемомутантные сорта проявляют выносливость. Особенно внимательно изучили сорт Имени Рапопорта.

За это время природой были предоставлены все наблюдаемые неблагоприятные факторы перезимовки. Провокационные условия для вымерзания повторялись наиболее часто. Годы 1997/98 были наиболее богаты неблагоприятными факторами перезимовки. Сорт Им. Рапопорта их выдержал: не выпадал, не изреживался, сохранял урожай и в последующие годы. Сорт оказался застрахованным от выпадов и гибели на генетической основе. Мы этот феномен называем многокомпонентной устойчивостью. Эта устойчивость определила очень высокую ярко выраженную степень зимостойкости, что позволило этот признак назвать новым. Благодаря этому урожай сорта Имени Рапопорта стабилен по годам.

Список литературы:

1. Рапопорт И.А. Карбонильные соединения и химический механизм мутаций. // Доклады А.Н. СССР. 1946. Т. 54. №1. с. 65 – 68.
2. Эйгес Н. С., Вайсфельд Л. И., Волченко Г. А. Специфичность химического мутагенеза на озимой пшенице и создание мутантов с множественными мутациями, определяющими наиболее важные признаки. // Тезисы докладов I съезда Всероссийского Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГиС). Саратов. Декабрь 1994. Генетика. 1994. Т. 30. Приложение. С. 187.
3. Эйгес Н.С., Волченко Г.А., Волченко С.Г., Кузнецова Н.Л., Вайсфельд Л.И., Кахриманова Н.Н. Некоторые закономерности метода химического мутагенеза при применении на озимой пшенице. Посвящается И.А. Рапопорту в год 100-летия со дня рождения. // Збірник наукових праць 100-річчю від дня народження І.А. Рапопорта присвячуються. «Науковий мутагенез в селекції рослин. БНАУ. Біла Церква. 2012. С. 13 – 29.
4. Эйгес Н.С., Волченко Г.А., Волченко С.Г. Метод химического мутагенеза в создании свойств высокой адаптивности у озимой пшеницы для разных регионов. // Доклады и сообщения I Международной научно-практической конф. 8 – 13 апреля 2013г. «Генофонд и селекция растений». Полевые культуры. Т. 1. Новосибирск. 2013. С. 582 – 590. ISBN 978-5-906143-25-9.
5. Эйгес Н.С., Волченко Г.А., Волченко С.Г., Донец Н.В., Кузнецова Н.Л., Упелниек В.П. Применение некоторых ценных признаков хемомутантов озимой пшеницы в селекционном процессе и в сельском хозяйстве. // БИОТЕХНОЛОГИЯ и качество жизни. Международная научно-практическая конференция. В рамках Московского Международного конгресса «Биотехнология, состояние и перспективы развития» 18 – 20 марта 2014. Москва С.217-218. Под патронажем правительства Москвы.
6. Эйгес Н.С., Волченко Г.А., Волченко С.Г. Толерантность к низкотемпературному фитопатогену, полученная с использованием метода химического мутагенеза у озимой пшеницы. // В сб. трудов IX Международной конф. «Факторы

экспериментальной эволюции организмов». (22 – 26 сентября. 2014. Киев). Институт молекулярной биологии и генетики УАН. Изд. Логос. Украинское об-во генетиков и селекционеров им. Н.И. Вавилова. 2014. Т. 14. С. 172 – 176. ISSN 2219-3782.

7. Эйгес Н.С., Волченко Г.А., Волченко С.Г. Устойчивость к мучнистой росе, возникшая под влиянием супермутагена этиленимина – новый ли признак для озимой мягкой гексаплоидной пшеницы? // Тези доповідей міжнародної наукової конференції «Селекційно – генетична наука і освіта» (19 березня 2013 року) УАН. Умань. 2013. С. 119 – 121. (Украина).

SECTION 4.

TECHNICAL SCIENCES

ОПЫТ СТРАТИФИКАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Асланов З.Ю., Эфендиев Э.М.

АЗЕРБАЙДЖАН, АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. Среди статистических методов контроля качества особое место занимает стратификация. Проведен анализ качества бурильного инструмента с алмазным напылением режущей части. Анализ статистических данных, сгруппированных по принадлежности к каждой рабочей бригаде в отдельности, показал необходимость корректирующего воздействия для повышения качества алмазного напыления бурильного инструмента. Стратификация позволяет получить представление о скрытых причинах дефектов.

Ключевые слова: стратификация, качество, гистограмма, напыление.

Введение. Современные подходы к управлению качеством предполагают внедрение системы контроля показателей качества продукции на всех этапах ее жизненного цикла, начиная от проектирования и заканчивая послепродажным обслуживанием. Применяются различные методы контроля качества продукции, среди которых особое место занимают статистические методы.

Специалисты выделяют несколько основных статистических методов контроля качества, к которым относятся следующие: [1]

- гистограмма
- диаграмма Парето
- стратификация (расслоение)
- диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма)
- контрольная карта

– метод «6 сигма».

В управлении качеством часто используются методы, разработанные для других областей деятельности. Так, диаграмма Парето была разработана после 1-й мировой войны для экономических исследований. Гистограмма отражает закон распределения случайных величин. Метод «6 сигма» позволяет правильно выбрать оптимальные допуски на размер.

Стратификация также первоначально применялась для физических процессов, предпосевной подготовки семян, классового разделения общества и других понятий.

Метод стратификации или расслаивания является одним из наиболее эффективных статистических методов, широко используемых в системе управления качеством. В соответствии с этим методом проводят расслаивание статистических данных, т.е. группируют данные в зависимости от условий их получения и производят обработку каждой группы данных в отдельности. [2]

Данные, разделенные на группы в соответствии с их особенностями, называют слоями (стратами), а сам процесс разделения на слои (страты) — расслаиванием (стратификацией). Результаты стратификации часто показываются в виде диаграмм и графиков.

В управлении качеством стратификация — основа для других методов, таких, как анализ Парето или диаграммы рассеивания. Такое сочетание методов делает их более эффективными.

На машиностроительном предприятии нефтяного оборудования был проведен анализ качества бурильного инструмента с алмазным напылением режущей части для бурения скальных пород. Были получены статистические данные по толщине слоя напыления. Факторами стратификации массива статистических данных были выбраны три бригады, работающие на этом участке. [3,4]

Параметр толщины слоя напыления измерялся для каждой бригады отдельно. Был проведен анализ качества бурильного инструмента одной номенклатуры в течение рабочей недели по каждой бригаде.

После сбора статистических данных была построена гистограмма, отображающая случайное распределение главного параметра качества продукции – толщины слоя алмазного напыления.

Гистограмма, характеризующая работу всех 3-х бригад, имеет нормальный характер распределения параметров. Форма гистограммы показывает распределение близкое к нормальному. (Рис.1)

Толщина слоя алмазного напыления во всей партии не выходит за пределы допусков. Не стратифицированные данные показывают, что процесс осуществляется нормально и не требует корректирующих воздействий. Однако, если провести стратификацию по рабочим бригадам, то ситуация будет следующая.

1. Анализ статистических данных, сгруппированных по принадлежности к первой бригаде, показывает, что распределение случайной величины проверяемого параметра близко к нормальному, однако вся гистограмма смещена к нижней границе допуска. (Рис.2) Это означает, что часть буровых инструментов окажется с минимально допустимым слоем напыления. Это повлечет за собой уменьшение долговечности инструмента. В этом случае требуется корректирующее воздействие для возврата процесса к середине поля допуска.
2. Стратификация данных проведена по принадлежности ко второй бригаде. Анализ показывает, что распределение контролируемой величины близко к нормальному и находится в пределах, близких к середине поля допуска. Можно признать, что толщина слоя напыления отвечает установленным требованиям. (Рис.3)
3. Стратификация данных проведена по принадлежности к третьей бригаде. Анализ показывает, что распределение случайной величины имеет асимметрию вправо и смещено к верхней границе допуска. (Рис.4) Это означает, что в части партии окажется определенное

количество буровых инструментов, с более толстым слоем напыления, чем требуется. Следствием этого будет перерасход дорогостоящего алмазного порошка, что вызовет повышение себестоимости продукции. Необходимо корректирующее воздействие для устранения асимметрии и возврата процесса к середине поля допуска.

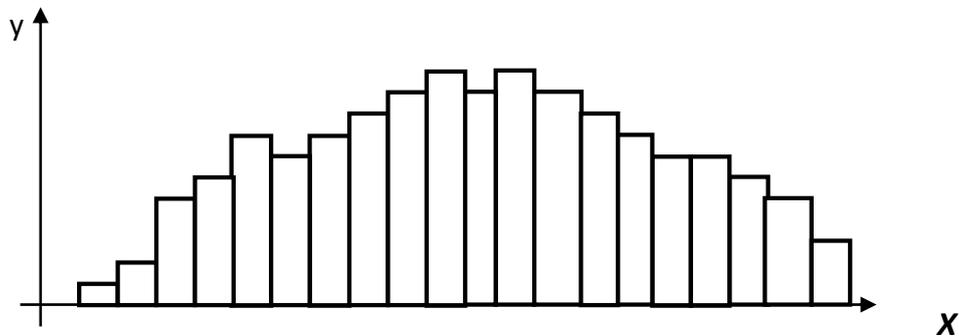


Рис.1. Гистограмма, характеризующая работу всех 3-х бригад

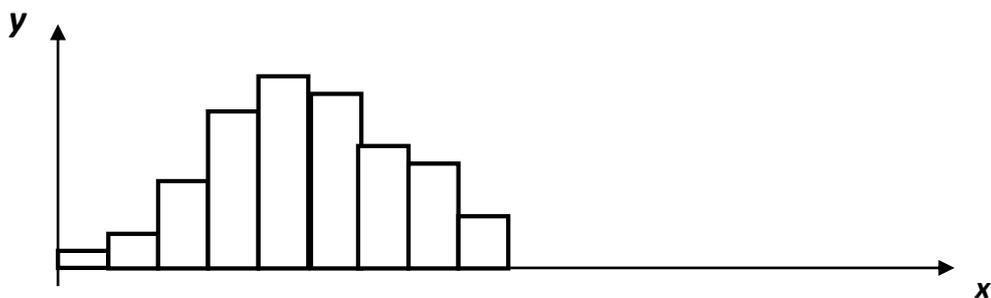


Рис.2. Гистограмма, характеризующая работу 1-й бригады

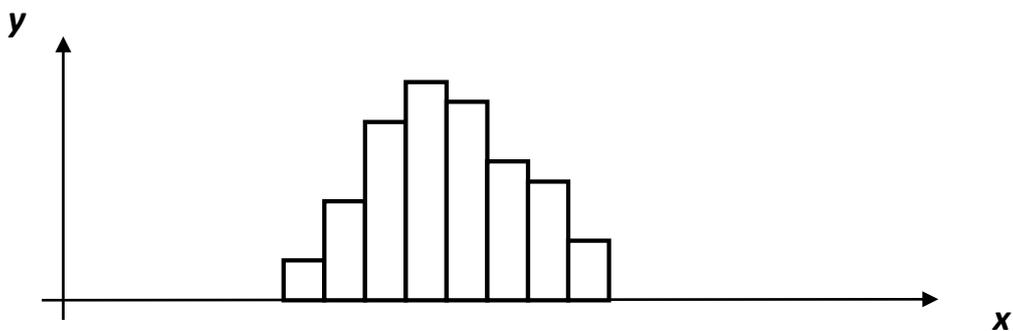


Рис.3. Гистограмма, характеризующая работу 2-й бригады

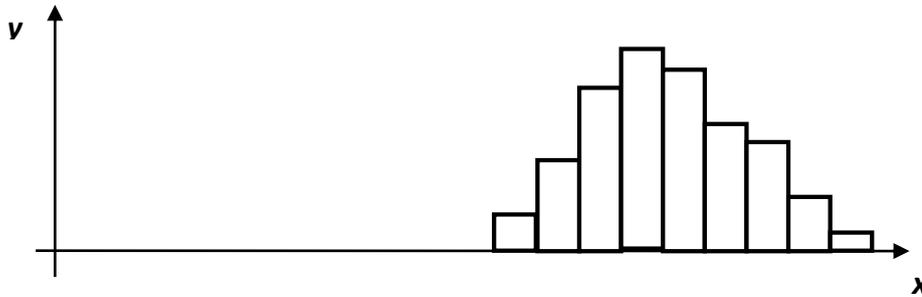


Рис.4. Гистограмма, характеризующая работу 3-й бригады

Стратификация данных обычно выполняется следующим образом:

1. Определяются факторы, по которым будет проводиться стратификация. В качестве факторов могут выступать время, работники, оборудование, условия производственных операций, материалы, средства измерения (такие как измерительное оборудование) и методы измерения.
2. Определяется число страт (слоев). Количество страт берется соответственно количеству факторов, выявленных на предыдущем этапе. Например, отклонения в показателях продукции могут возникать из-за действий оператора. Если к производству продукта привлечено четыре оператора, то стратификация выполняется по четырем факторам и число страт должно быть четыре. Или, если условия производства продукта остаются одними и теми же, изменения в характеристиках могут возникать в разные периоды времени – первая смена, вторая смена или третья смена работы. В этом варианте страт будет три (по количеству смен) и стратификация проводится по трем факторам.
3. Выбирается необходимый инструмент качества для графического представления статистических данных. Как правило, для этих целей используется диаграмма разброса, контрольная карта или гистограмма. Можно применять и табличный метод, но графический способ является более наглядным и позволяет быстрее определить системность в представленных данных.
4. Определяется количество статистических данных, попадающих в каждую страту. Для того, чтобы стратификация данных была

эффективной, необходимо придерживаться двух условий. Во-первых, различия между значениями случайной величины внутри страты должны быть как можно меньше по сравнению с различием ее значений в исходной совокупности данных. Во-вторых, различия между стратами должны быть как можно больше. Количественно это различие можно определить по разнице средних значений случайной величины в каждой страте.

5. На выбранный графический элемент качества наносятся данные с указанием принадлежности этих данных к каждой из страт.
6. Проводится анализ подмножества данных. Анализ данных проводится для каждой страты отдельно.

По результатам стратификации статистических данных могут быть сформулированы предложения по улучшению качества продукции цеха. В частности, качество продукции может быть повышено только за счет проведения организационно-технических мероприятий без капитальных вложений в современное более точное оборудование. [5]

Расслоение данных (стратификация) позволяет получить представление о скрытых причинах дефектов и определить неявные пути повышения качества продукции.

Применение различных методов расслаивания зависит от конкретных задач. Например, данные, относящиеся к изделию, производимому в цехе непосредственно на рабочем месте, могут в какой-то мере различаться в зависимости от исполнителя, применяемого оборудования, технологии проведения рабочих операций, условий труда и т.д. Все эти отличия могут быть факторами расслаивания.

В производственных процессах часто используется метод 5М, учитывающий факторы, зависящие от человека, машины, материала, метода, измерения.[6]

В этом случае стратификацию можно проводить по следующим критериям:

- по исполнителям — квалификация, опыт, стаж работы и т.д.

- по технологическому оборудованию — современное и старое оборудование, модель, производитель и т.д.
- по сырью и материалу — место производства, производитель, поставщик, качество сырья и т.д.
- по технологии производства — технологический процесс, уровень автоматизации, организация производства и т.д.
- по контролю — метод измерения, вид измерительных средств, их точность и т.д.

Следует отметить, что пользоваться этим методом не так просто. Иногда стратификация по очевидному параметру не дает ожидаемого результата. В этом случае нужно продолжить анализ данных по другим возможным параметрам в поисках решения возникшей проблемы.

Выводы. Метод стратификации или расслаивания является одним из наиболее эффективных статистических методов.

Стратификация позволяет получить представление о скрытых причинах дефектов.

Качество продукции может быть повышено только за счет проведения организационно-технических мероприятий без капитальных вложений.

Эффективность стратификации во многом зависит от правильного выбора факторов, по которым она будет проводиться.

Список литературы:

1. Николаева Э.К. «Семь инструментов качества» в японской экономике.— М.: Издательство стандартов, 1990.
2. Гиссин В.И. Управление качеством продукции: Учебное пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2000.
3. Ноулер Л. и др. Статистические методы контроля качества продукции. - М.: Изд-во стандартов,1989.
4. Волченко В.Н. Вероятность и достоверность оценки качества металлопродукции - М.: «Металлургия», 1979.
5. Герасимова Г.Е., Стерхов Ю.А. Статистическое управление технологическим процессом // Надежность и контроль качества,1995.

6. Хирое Цубаки Применение статистических методов во всеобщем менеджменте качества (TQM). Японский метод. Тезисы. // Надежность и контроль качества, 1996, 4.

JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS AND DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE FOR THE MOBILE PLATFORM

BAZHENOV R.¹, SENKOVSKAYA A.²

¹KAZAKHSTAN, THE KAZAKH AGRO TECHNICAL UNIVERSITY OF S. SEYFULLIN

²KAZAKHSTAN, KAZAKH UNIVERSITY OF ECONOMY, FINANCE AND INTERNATIONAL TRADE

Abstract. The paper studies the issues of development of mobile applications. The article defines the main objectives of problems Trials design and development of mobile applications. In the end of the article presents the expected results of research.

Keywords: mobile application, mobile platform, development of mobile applications.

At present, the development of various software for mobile platforms have some problems learning and their compatibility, due to the significant number of types and kinds of software [1]. Therefore, the planned research focused on the development of mobile applications in view of science-based software requirements, the application of which will save various costs, whether it is time or resources [2].

In the software development process plays an important role test automation work together different types of applications of computing systems. Efforts to integrate these types of testing will determine the length of the development cycle and quality of software [3]. All this and leaves relevance of the work to date.

Like other traditional engineering disciplines, software development deals with problems of quality, value and reliability [1].

The aim of the study is to validate the requirements and the development of software for the mobile platform, which allows monitoring and controlling the internal behavior of the system under test to provide automated steps, collection and analysis of results, reduces labor costs and time of the test phase.

Despite distinctions, mobile devices are similar at each other that all of them execute mobile applications. Mobile applications can be divided into three types.

Built-in applications. The built-in applications installed on the device represent the binary executed programs created with use of packages of software development (software development kit – SDK) and extended through storages of appendices (app store). SDK exist for each mobile operating system and, unfortunately, differ among them.

For example, to create an app for iOS, you must download and install the iOS SDK and development tools, and writing code to perform the programming language Objective-C. Android-application is developed using the Android SDK and is written in Java. Thus, to create a mobile application, you need to know each SDK and use a supported language. To study the SDK for each platform you need to spend a lot of time, so the development of mobile applications is a difficult task.

Web-based applications. Web-based applications downloaded to mobile Web-browser, different from the built-in that their code is written using Web-based technologies (HTML, JavaScript and CSS), which do not depend on the operating system of the device. No need to learn a variety of programming languages for each device. HTML and JavaScript are familiar Web-developers to create Web-pages for desktop browsers. In most cases, mobile Web-browsers can visualize the same Web-pages, Web-sites but often provide a mobile version of the information with a smaller volume and faster loading (due to the smaller size of the screen and the slower network).

To start the Web-based applications the user enters a URL-address in the mobile Web-browser. After this loading Web-site, this is the entry point to Web-based application. Web-based applications do not extend through the storage

applications; they are common links that you can incorporate into other Web-pages, emails, or even write down on paper.

Built-in and Web-based applications have their own advantages and disadvantages, causing much debate about what the application better. To settle the dispute may hybrid applications that try to combine the advantages of both types of mobile applications.

Hybrids as Web-based applications are programmed using Web-based technologies, but packaged as embedded applications. Hybrids can be written for multiple mobile operating systems using a programming language, familiar to many developers. Since a hybrid is actually built, you get access to the device features of JavaScript, which is not yet available for Web-based applications. Hybrids can distribute and install via the App store, like built.

PhoneGap - a popular set of tools for creating hybrids. It is a mobile infrastructure with open source JavaScript-containing interfaces to access the different devices, such as accelerometers and cameras.

Native applications. This kind of applications the most resource, but at the same time it allows the maximum use of the opportunities offered by each particular operating system. As a result, native applications benefit both functional and operating speed other types of mobile application. It is to this approach now comes those companies that do combined application. For example, Facebook started with the combined application: native controls (switches, tabs, and so on) and a web page as content. Despite the fact that this is a good solution to performance problems lead to the developers to depart from the combination web.

Objectives of the research:

1. Review and analysis of the use of mobile platforms, the basic and advanced features of mobile platforms, review and analysis of existing software mobile platforms, their advantages and disadvantages.
2. Formulation of requirements for the development of software, analysis software, compliance and justification of the selection conditions of the

mobile platform. At this stage we use prototypes that we hang on the board and arrows show how the navigation will occur.

After receiving the layouts, the guideline and cutting, work begins developer.

3. Development of software for the mobile platform, the development of the algorithm software, description of physical modeling. Basic principles used in the creation of the user interface include: aesthetic integrity, consistency, direct interaction, feedback, use metaphors of real world objects, balancing the level of control over the user runs the application actions.
4. Development of guidelines and instructions for use.

Researchers are planned on a certain group of people, different age groups and from different sectors of activity, in order to identify all positive and negative properties of the test version of the product.

On the basis of comprehensive studies carried out the following results:

1. Development of software algorithm describing the process of physical modeling, taking into account the science-based requirements to the software.
2. Conduct testing of software and debugging of all its components. For the testing of mobile applications, of course, ideally better use the mobile devices themselves. However, few have the entire range of mobile devices, and viewing on the smartphone applications hosted on a local web server, it would be problematic. Therefore it is better to use a mobile device emulator or mobile browser.
3. Development of specialized techniques of software for the mobile platform, taking into account all the nuances of the test version of the product.
4. Development of security features from unauthorized changes to the software product.
5. Development of methodological features and recommendations on working with views of the software package.

Target consumers of the results of research in the form of software for the mobile platform and guidelines for its use are mass market, whose main objective is saving it for specific resources - time.

Design and development of software for mobile platforms and recommendations for its operation will be theoretical and practical advancement in IT technology, programming applications for mobile platforms.

References:

1. Карл И. Вигерс. Разработка требований к программному обеспечению.– Русская редакция, 2004.
2. Амелин К.С., Граничин О.Н., Кияев В.И., Корявко А.В. Введение в разработку приложений для мобильных платформ.– СПб.: ВВМ, 2011.
3. Граничин О.Н., Кияев В.И. Информационные технологии в управлении.– М.: Бином. 2008.

ПРИМЕНЕНИЕ ФРЕОНОВОГО КОНТУРА НА КОНДЕНСАЦИОННЫХ ЭНЕРГОБЛОКАХ

ГРИГОРЬЕВА О.К., ГОЛУБЕВА Л.Ф.

Россия, Новосибирский государственный технический университет

Аннотация. В статье проведены исследования теплоэнергетической установки, включающей конденсационную паровую турбину и фреоновый контур. Приведены термодинамические характеристики фреонового цикла, получены характеристики оборудования, входящего в состав установки.

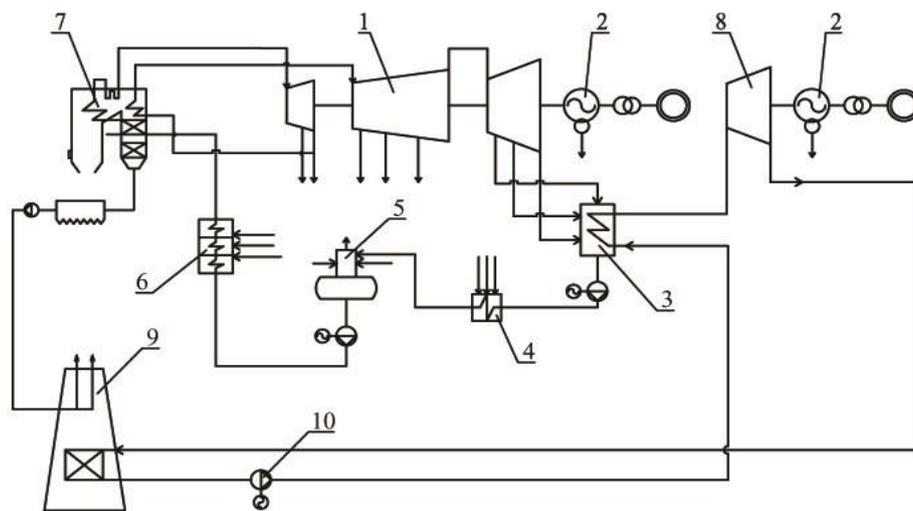
Ключевые слова: теплоэнергетическая установка, фреоновая ступень, хладагент, низкопотенциальная энергия.

Энергосбережение во всех отраслях промышленности является важнейшим фактором снижения себестоимости производства продукции и повышения её конкурентной способности. Чрезвычайно актуальными становятся вопросы использования сбросного тепла и энергии возобновляемых источников. Одним из способов эффективного использования таких энергоресурсов является генерация электрической энергии на основе паротурбинных установок (ПТУ) с низкокипящими рабочими телами (НРТ).

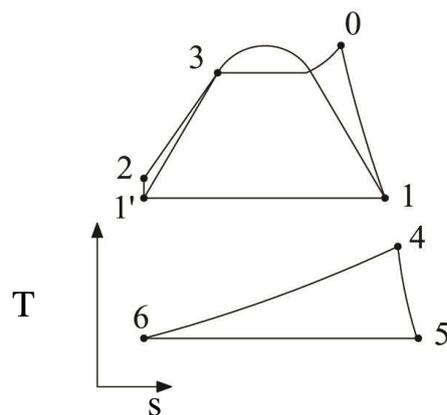
В предлагаемой установке конденсационной турбины с фреоновой ступенью в качестве низкокипящего вещества используется хладон HFC-134a (тетрафторэтан $C_2H_2F_4$), выбор которого обусловлен как термодинамическими, теплофизическими и экономическими соображениями, так и безопасностью для окружающей среды. Синтез HFC-134a был инициирован требованиями Монреальского протокола по поиску озонобезопасных рабочих веществ холодильной техники [1].

В статье рассматривается перспектива создания паротурбинной установки с фреоновой технологией. Принципиальная тепловая схема предлагаемой к исследованию установки показана на рисунке 1 [2]. Отработанный водяной

пар после паровой турбины поступает в испаритель, представляющий собой трехступенчатый подогреватель, куда по мере движения фреоновой среды поступает сначала отработавший пар после паровой турбины, затем пар с параметрами последнего регенеративного отбора, в последнюю ступень поступает пар с наивысшими параметрами. Параметры водяного пара, подаваемого в испаритель, можно изменять, выбирая регенеративный отбор паровой турбины.



а)



б)

Рис. 1. Принципиальная схема теплоэнергетической установки
(конденсационный энергоблок с фреоновой ступенью)

а): 1 - паровая турбина, 2 - электрический генератор, 3 - испаритель, 4 - подогреватель низкого давления, 5 - деаэратор, 6 – подогреватель высокого давления, 7 - котел, 8 - фреоновая турбина, 9 - сухая вентиляторная градирня, 10 - насос; б): 0-на входе в

паровую турбину, 1-на входе в испаритель, 1`-2 - процесс адиабатического сжатия в конденсационном насосе, 2-3 – нагрев среды в системе регенерации, 3-на входе в котел, 4-вход острого фреонового пара в фреоновую турбину, 5-вход в сухую вентиляторную градирню, 6-вход фреоновой среды в испаритель.

Фреоновый пар после испарителя поступает на одноцилиндровую одновальную фреоновую турбину. Отработанный фреон направляется в трубчатый конденсатор, установленный в сухой вентиляторной градирне, в которую подаётся атмосферный воздух. Далее сконденсировавшийся фреон подается насосом в испаритель, тем самым образуя замкнутый фреоновый контур.

Данная установка базируется на тепловых схемах конденсационных турбин. По фреоновому циклу задается два постоянных значения, это давление острого фреонового пара и давление конденсации отработанного фреонового пара. Давление конденсации составляет $P_k=2,5$ бар, а давление острого фреонового пара на выходе из испарителя $P_o=50$ бар.

На примере схемы, базирующейся на турбине К-200-130-7, приводятся некоторые термодинамические характеристики фреонового цикла в таблице №1, рассчитанные по формуле на основе уравнения состояния реального газа (Мартина-Хоу-Алтунина) вида [3, 4]:

$$h = I_1(T) + \sum_{j=1}^5 \frac{I_j(T)}{2(j-1)(v-b)^{j-1}} + Pv; \quad (1)$$
$$S = S_0(T) + S_1(T) + \sum_{j=1}^5 \frac{(-1)^{j-1} S_j(T)}{2(j-1)(v-b)^{j-1}}.$$

В таблице №2 приведены некоторые характеристики оборудования, входящего в данную установку. При расчете фреоновой турбины принимались следующие величины: относительный внутренний КПД турбины равен 0,9; коэффициент потерь для сопловой и рабочих решеток – 0,04; коэффициент расхода – 0,99; соотношение скоростей $u/c_\phi=0,55$. Частота вращения фреоновой турбины 3000 об/мин. Конденсатор рассчитывался при температуре -10°C (характерная температура зимнего периода в Сибирском федеральном округе Российской Федерации).

Таблица 1 - Параметры фреонового цикла

Обозначение	Давление, бар	Температура, К	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/кг·К
Острый фреоновый пар (т.4)*	50	438	528	1,895
Отработанный фреоновый пар после турбины (т.5)*	2,5	333	453,3	1,93
Фреоновый конденсат (т.6)*	2,5	268	192	0,96

*Точки по термодинамическому циклу, соответствуют позициям, указанным на рисунке 1б.

Таблица 2 - Параметры фреоновой турбины

Показатель	Единицы измерения	Значение
Мощность конденсационного энергоблока	МВт	200
Мощность фреоновой турбины	МВт	80
Расход фреонового пара	кг/с	1093
Суммарный расход водяного пара на испаритель	кг/с	143,5
Количество ступеней фреоновой турбины	-	2
Длина рабочих лопаток последней ступени	мм	297
Периферийный диаметр последней ступени	мм	1025
Площадь теплообмена испарителя	м ²	16,6
Площадь теплообмена конденсатора	м ²	5870

Вывод

В предлагаемой установке без дополнительных затрат топлива, используя низкопотенциальную энергию фреонового пара, вырабатывается дополнительная электроэнергия. Причем соотношение выработки электроэнергии фреонового контура к пароводяному равняется 0,4 (на примере турбины К-200-130-7). Полученные размеры проточной части фреоновой турбины значительно меньше в сравнении с паровой турбиной той же мощности.

Список литературы:

1. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Теплофизические аспекты экологических проблем современной холодильной техники. // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 2002. – № 10. Приложение к спецвыпуску. – С. 54-57.
2. Ноздренко Г.В., Григорьева О.К., Ибрагимова Л.Ф. Теплоэнергетическая установка// Свидетельство о государственной регистрации полезной модели теплоэнергетической установки № 2014117393/06(027529) от 29 апреля 2014г.
3. Алтунин В.В. Метод составления уравнения состояния реального газа по ограниченному количеству исходных опытных данных / В.В. Алтунин // Теплоэнергетика. – 1962. – № 3. – С. 72 – 78.
4. Алтунин В.В. Метод расчета термодинамических свойств смесей реальных газов по ограниченному количеству исходных опытных данных / В.В. Алтунин // Теплоэнергетика. – 1963. – № 4. – С. 78 – 84.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ КОНТАКТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ВИБРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И МАШИНАХ С УЧЕТОМ НЕУДЕРЖИВАЮЩИХ СВЯЗЕЙ

ЕЛИСЕЕВ А.В.¹, ЕЛИСЕЕВ С.В.¹, КАШУБА В.Б.²

¹Россия, ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

²Россия, БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. Предлагается подход к построению математической модели процесса вибрационного упрочнения поверхностей длинномерных деталей при взаимодействии с сыпучей средой из стальных шариков. Разработаны технологические средства контроля вибрационного поля технологических процессов и машин. Приведены результаты численного моделирования и данные экспериментов.

Ключевые слова: неударживающие связи, вибрационное упрочнение, вибрация сыпучей среды, непрерывное подбрасывание

I. Введение. Вибрационные технологические процессы получили широкое распространение в производственных системах, относящихся к различным отраслям техники. Вибрация активно используется в технологиях обработки деталей, таких как вибрационное резание материалов, виброгалтовка, вибрационное упрочнение и др.

Во многих случаях вибрационное воздействие рассматривается как факт воздействия на состояние взаимодействующих сторон контакта соприкасающихся тел и возникающих при этом связей. В меньшей степени

изучены особенности неударных связей, которые характерны для технологических процессов виброперемещения, виброупрочнения, вибрационного транспортирования.

II. Постановка задачи. Общие положения. Методологические основы оценки динамического контакта для твердых тел с одной точкой контакта.

Рассматриваются подходы к построению математических моделей, отражающих особенности динамических взаимодействий, характерных для технологических процессов вибрационного упрочнения. Технологические эффекты достигаются в периодических виброударных контактах рабочей среды из мелких стальных шариков и вибрирующей рабочей поверхности обрабатываемой детали. Предложена концепция математического моделирования технологического процесса вибрационного взаимодействия твердого тела с вибрирующей поверхностью, на основе использования представлений о соударении без упругого отскока.

Методологический базис исследования включает в себя закономерности формирования траектории с непрерывным подбрасыванием, длительность которого кратна периоду вибрации контактирующей поверхности; характеристики и аналитические соотношения, определяющие условия отрыва и движения материальных частиц; особенности контактных взаимодействий и влияние ряда технологических факторов, связанных с учетом возникающих сил сопротивления со стороны рабочей среды [1÷9].

В качестве примера на рисунке 1 приведены варианты траекторий для кратных режимов при варьировании настроечных параметров.

С учетом специфики взаимодействия частиц в слое, который образует рабочая среда, предложена и разработана методика исследования режимов взаимодействия с учетом сил трения. На рисунке 2 представлены области критических параметров отрыва (I), область, в которой не возможна реализация режима кратного подбрасывания (III). Критическое значение коэффициента вязкого трения находится в области (II)[3].

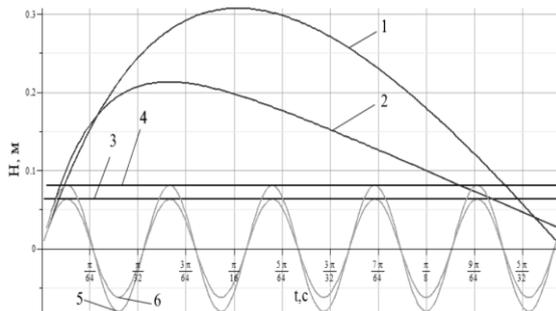


Рисунок 1. Графики подлетов для кратных режимов подбрасывания с разными коэффициентами

$$p_1 = 6 \text{ кг/с}, p_2 = 18 \text{ кг/с}, m = 1 \text{ кг}, \omega = 60 \text{ рад/с}, A_1 = 0.06 \text{ м}, A_2 = 0.08 \text{ м}$$

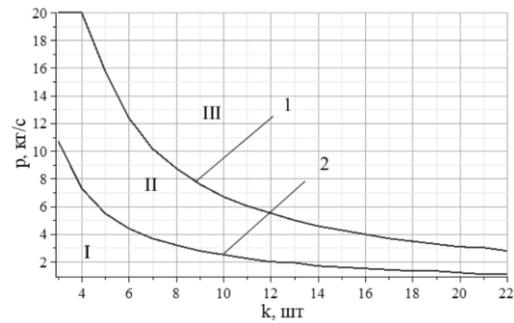


Рисунок 2. Области реализации кратного подбрасывания

III. Метод оценки условий динамического контакта для составного твердого тела с учетом неударживающего характера связей. Особый интерес представляет развитие обобщенных представлений о контактных взаимодействиях, которые не сопровождаются нарушением контакта. В качестве контактирующих элементов рассматриваются твердые тела конечных размеров, для которых смещение допускается только вдоль нормали к контактной поверхности.

Для ряда модельных задач разработана методика оценки условий сохранения динамического контакта. На рисунке 3 показана математическая модель, в которой условие нарушение контакта определяется параметрами массоинерционных и упругих связей. Для реализации метода оценки условий сохранения контакта вводится понятие о полной и динамической реакциях.

В основе метода лежит построение амплитудно-частотной характеристики передаточной функции с входного воздействия на динамическую компоненту контактной реакции. На рисунке 4 представлены графики амплитуды колебания динамической реакции (1-4) для различных амплитуд колебания опорной поверхности в сравнении со статической реакцией (5).

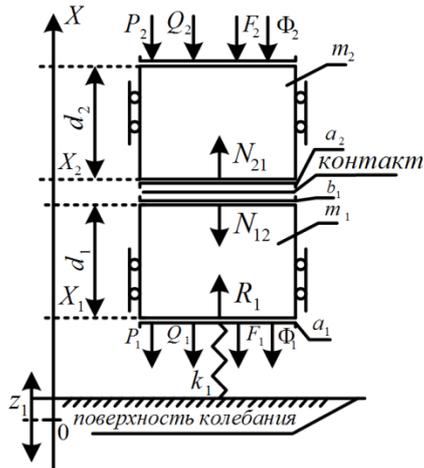


Рисунок 3. Составное твердое тело на упругом колеблющемся основании

Z_1 . P_i - силы вязкого трения, Q_i - силы тяжести, F_i - постоянные силы, N_{12} , N_{21} - полные контактные реакции, a_2 , b_1 - контактные поверхности

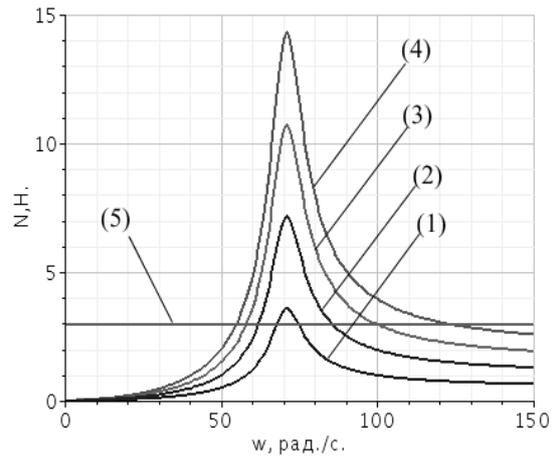


Рисунок 4. Оценки амплитуды колебания динамической компоненты реакции.

1,2,3,4 – оценки динамической компоненты для амплитуд кинематического возмущения A_1 от 1 до 4 мм. 5-уровень статической реакции

В зависимости от параметров систем условие контактного движения принимает вид:

$$\sqrt{\frac{(m_2 k_1 \omega_1^2)^2 + (p_2 k_1 \omega_1)^2}{(k_1 - (m_1 + m_2) \omega_1^2)^2 + ((p_1 + p_2) \omega_1)^2}} \times A_1 < m_2 g + f_c. \quad (1)$$

Неравенство (1) может быть представлено в виде множества параметров системы в виде амплитудно-частотной области контакта. В соответствии с рисунком 5 представлено множество амплитуд и частот, обеспечивающих только контактное колебание составного твердого тела на промежутке установившегося движения.

В соответствии с рисунком 6 представлено разбиение амплитудно-частотной области на подобласти различных режимов колебания составного твердого тела в зависимости от дополнительной постоянной силы, являющейся фактором контактного движения с учетом массы элементов.

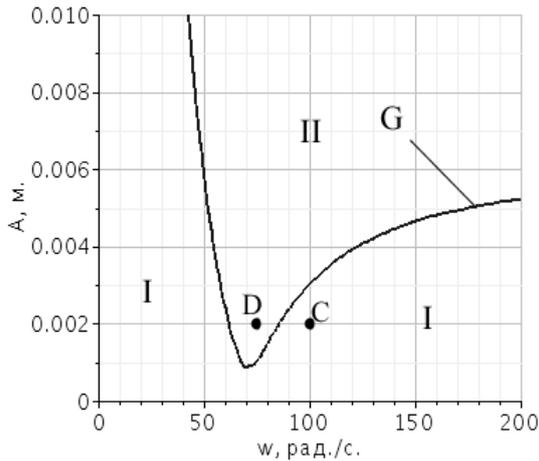


Рисунок 5. Амплитудно-частотная область контакта
 I – область контакта, II-область возможного зазора, g – линия уровня N_{21}^{Σ} для функции $A_1 \cdot A(\omega_1)$, c-контакт, d – возможный отрыв

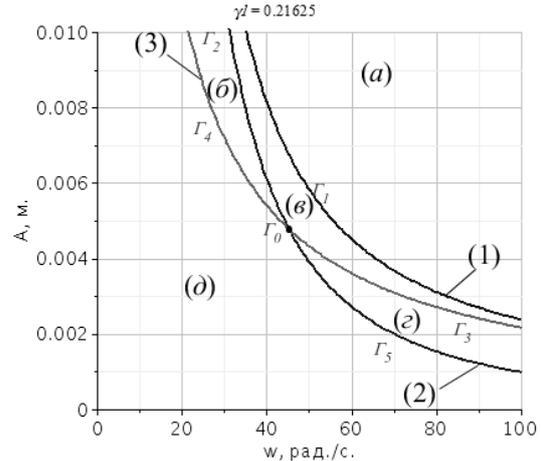


Рисунок 6. Области характерных режимов взаимодействия твердого тела с поверхностью колебания

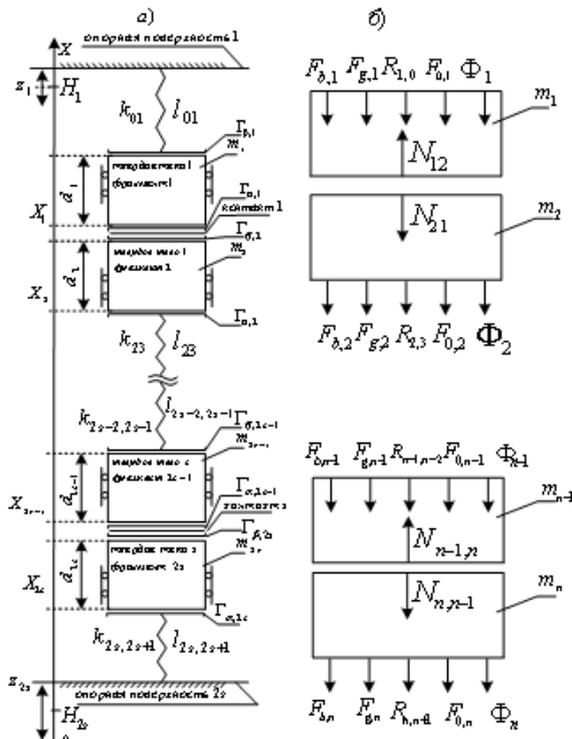


Рисунок 7. Составное твердое тело с s контактами и $2s$ фрагментами
 А) конструктивная схема. $\Gamma_{\beta,i}, \Gamma_{\alpha,i}$ - контактные поверхности фрагментов. Z_1, Z_{2s} - координаты поверхностей колебания, m_{2q-1}, m_{2q} - фрагменты q -го составного твердого тела, $k_{2q-2,2q-1}$ - жесткость упругих элементов, б) учитываемые силы: $F_{\beta,i}$ - силы вязкого трения, $F_{\gamma,i}$ - силы тяжести, $F_{0,i}$ - постоянные силы, $R_{2q-1,2q-2}, R_{2q,2q+1}$ - реакция со стороны упругих элементов, Φ_i - силы инерции, $i = 1..n; N_{2q,2q-1}, N_{2q-1,2q}$ - полные контактные реакции, опорные поверхности 1 и $2s$ подвижны, $q = 1..s, i = 1..n, n = 2s$

Предлагаемая методика обобщается на многомерные модельные задачи. На рисунке 7 представлена механическая система с несколькими

составными частями, зажатыми между поверхностями посредством упругих элементов. Контакт между частями носит неударяющий характер.

IV. Методы параметрического регулирования динамического контакта с учетом неударяющего характера связей. Некоторые приложения.

Вибрационное поле реального технологического процесса или машины формируется в результате взаимного влияния разнородных факторов. Длительная работа технологической машины может привести к отклонению характеристик от допустимых значений. Для контроля характеристик вибрационного поля предложен датчик (рис.12) определения граничных параметров взаимодействия тел в вибрационных системах[10].

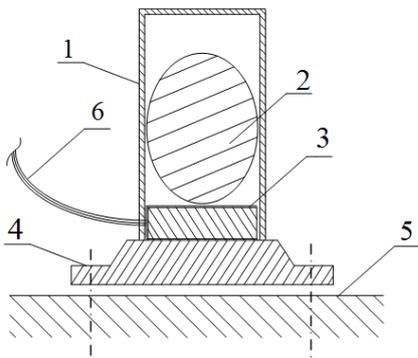


Рисунок 12. Датчик определения граничных параметров взаимодействия тел в вибрационных системах: поверхность вибростола (5), цилиндрический корпус (1); инерционные элементы рабочей среды (2); пьезоэлектрический элемент (3); крепежный элемент (4); токовыводы (6).

Техническая применимость и реализация датчика обоснована теоретическими результатами и модельным экспериментом. На основе опытного образца получены и обработаны графики форм сигналов для соответствующих режимов движения опорной поверхности экспериментальной установки.

Разработанный методологический базис исследования контактного взаимодействия с учетом неударяющих связей был применен к рассмотрению комплекса вопросов связанных с обоснованием выбора параметров работы вибрационного стенда, на котором реализуется процесс виброупрочнения лопасти вертолета.

Рассмотрено формирование параметров вибростенда, который представляет собой твердое тело с 6-ю степенями свободы, опирающимся

на упругие элементы. Формирование вибрационного поля обеспечивается инерционным вибровозбудителем. Кинематическая схема приведена на рисунке 15.

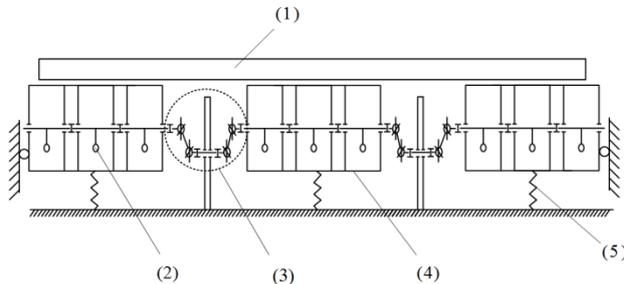


Рисунок 15. Кинематическая схема вибростенда. Вид сбоку
1-контейнер с изделием, 2 – вибратор, 3-карданные передачи между валами вибратора и валом синхронизатора, 4-секция вибростенда, 5 –упругий элемент

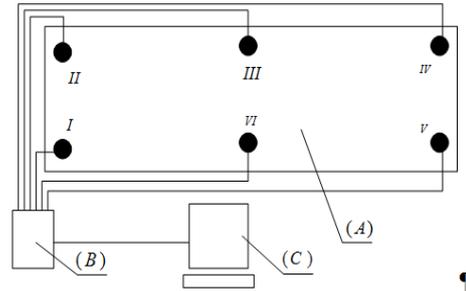


Рисунок 16. Схема измерения колебаний вибростенда. Вибростенд, вид сверху
B-станция синхронной записи сигналов с датчиков, C-устройство вывода информации, I-VI –датчики

Для формирования одномерного поля в конструкции вибрационного стенда предусмотрено введение ограничителей и упоров. Схема измерения вибрации показана на рисунке 16.

Проведенные эксперименты, с использованием комплекта виброизмерительной аппаратуры ВУ-8, показали достаточно хорошее согласование с расчетными данными. На рисунке 17 показана осциллограмма точки твердого тела, формирующего одномерное вибрационное поле.

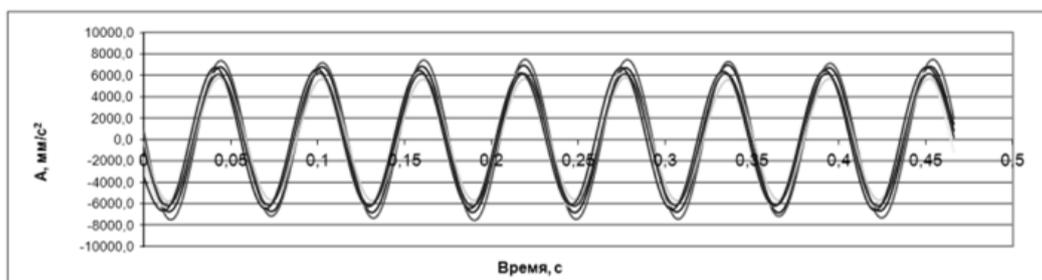


Рисунок 17. Графики осциллограмм ускорений на основе сигналов с 6-ти датчиков

На основе матрица взаимной корреляции, представлена в таблице 1, выдвинута гипотеза о возможности сведения модели к системе с одной степенью свободы.

Таблица 1. Матрица коэффициентов взаимной корреляции сигналов виброускорений с 6-ти датчиков

	Датчик 1	Датчик 2	Датчик 3	Датчик 4	Датчик 5	Датчик 6
Датчик 1	1					
Датчик 2	0,99	1				
Датчик 3	0,94	0,92	1			
Датчик 4	0,99	0,99	0,95	1		
Датчик 5	0,98	0,97	0,98	0,99	1	
Датчик 6	0,93	0,9	0,98	0,94	0,96	1

Экспериментально обнаружено, что устойчивый процесс непрерывного подбрасывания характеризуется наличием биения, частота которого определяется действием вибрационных факторов, формирующихся при вибрационных взаимодействиях рабочей среды с вибрирующей поверхностью с проявлением процессов частичного пролеживания и конструктивными особенностями вибрационной машины.

V. Заключение. Проведенное исследование позволяет сделать основные выводы:

1. Предлагается подход к исследованию сложного контактного взаимодействия в механической колебательной системе, содержащей составные твердые тела, находящиеся под внешним кинематическим и силовым воздействием.
2. Новизна предлагаемого подхода заключается в постановке задачи на определение условия удержания сложного контакта между фрагментами составных твердых тел, входящих в состав механической системы на промежутке установившегося движения.
3. Предлагаемый метод исследования динамического контактного взаимодействия позволяет определять условие контактного взаимодействия с несколькими контактными плоскостями.

4. Выявленные особенности и характер зависимости контактного взаимодействия позволяют регулировать условия реализации контакта для требуемого частотного диапазона. В качестве безразмерных параметров регулирования могут выступать обобщенные параметры системы.
5. Разработанный датчик может быть использован для контроля граничных параметров вибрационного поля технологических процессов и машин.

Список литературы:

1. Елисеев, А.В. Режимы подбрасывания материальной частицы на вибрирующей поверхности в модельной задаче с неударивающими связями/Елисеев С.В., Елисеев А.В.// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.– 2012. –№3(35).– С. 86 - 96.
2. Елисеев, А.В. Теоретические основы процессов взаимодействия материальной частицы с вибрирующей поверхностью с неударивающими связями/ И.С. Ситов, А.В. Елисеев // Системы. Методы. Технологии. 2012.– № 4(16).– С. 19-29.
3. Елисеев, А.В. Определение коэффициента вязкого трения для режима кратного подбрасывания материальной частицы в модельной задаче с неударивающей связью / С.В. Елисеев, А.В. Елисеев // Системы. Методы. Технологии.– 2013.– № 1.– С. 22-27.
4. Елисеев, А.В. Исследование взаимодействия материальной частицы с вибрирующей поверхностью при наличии силы вязкого трения в модельной задаче с неударивающими связями / С.В. Елисеев, А.В. Елисеев// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.- 2013.- № 1.-С. 69-77.
5. Елисеев, А.В. Обобщенные подходы в задачах определения контактных реакций в твердых телах при статических нагрузках с учетом неударивающих связей // С.В. Елисеев, А.В. Елисеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.– Иркутск: ИргУПС, 2013. – №4.–С.51-60.
6. Елисеев, А.В. Определение контактных реакций в составных твердых телах при динамических нагрузках с учетом неударивающих связей / С.В. Елисеев, А.В. Елисеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.– Иркутск: ИргУПС, 2014.– №1.–С.45-54.
7. Елисеев, А.В. Технология оценки свойств динамических взаимодействий в контактах составных твердых тел / А.В. Елисеев // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.- 2014.–№1-2.– С. 179-183.
8. Елисеев А.В., Елисеев С.В., Артюнин А.И., Хоменко А.П., Каимов Е.В. Устройство для гашения колебаний : пат. на полезную модель 136112 Рос. Федерация: МПК F16F 15/04(2006.01) / авторы и заявители Елисеев А.В. [и д.р.]; . Патентообладатель: ФГБОУ ВПО ИргУПС.

9. Елисеев А.В., Елисеев С.В., Артюнин А.И., Каимов Е.В. Устройство для регулирования упругодиссипативных свойств виброзащитной системы : пат. на полезную модель 142137 Рос. Федерация: МПК А16А 15/02 (2006.01). / авторы и заявители Елисеев А.В. [и д.р.]; . Патентообладатель: ФГБОУ ВПО ИргУПС.
10. Елисеев А.В., Елисеев С.В., Артюнин А.И., Каимов Е.В. Датчик определения граничных параметров взаимодействия тел в вибрационных системах [текст] : пат. на полезную модель 142137 Рос. Федерация : МПК G01P 15/09(2006/01) / авторы и заявители Елисеев А.В. [и д.р.]; . Патентообладатель: ФГБОУ ВПО ИргУПС.

ТОРМОЗНЫЕ БАШМАКИ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ЗАБАВИНА М. В.

Россия, ОАО «ВНИИЖТ»

Аннотация. Анализируются конструкции и условия работы современных тормозных башмаков. Указаны способы устранения таких повреждений, как расплющивание и отрыв носка, отрыв бортов, излом и смятие ручки. Приводятся примеры перспективных моделей стояночных и горочных башмаков.

Ключевые слова: горочные башмаки; эксплуатационные повреждения; анализ конструкции.

На железнодорожном транспорте широко применяются приспособления для ручного торможения (в том числе аварийного) и для закрепления на стоянках подвижного состава – тормозные башмаки. Существует множество конструкций тормозных башмаков. Некоторые из них представлены на рис. 1

Несмотря на большую распространенность, до настоящего времени не существует обоснованного выбора конструкции и материалов башмаков. В институте железнодорожного транспорта была проведена работа по исследованию условий работы и типов повреждений тормозных башмаков различного применения и выработки рекомендаций по разработке конструкций.

Некоторые дороги для закрепления составов применяют бесполезные тормозные упоры, аналогичные автомобильным (см. рис. 1а). Но, как показывает опыт, в отличие от автомобильного транспорта, где возможно применение материалов, обеспечивающих высокий коэффициент сцепления с рельсом и колесом, при наезде стального колеса на стальные упоры они часто выскальзывают из-под колеса с большой скоростью и могут

создать аварийную ситуацию. Поэтому железнодорожный башмак в обязательном порядке должен состоять из полоза с бортами, удерживающими его на рельсе, и упорной колодки с ручкой для удобства переноса (рисунки 1б,в). Задача конструкторов, таким образом, состоит в разработке оптимальной конструкции и материалов полоза и упорной колодки.



а



б



в

Рис. 1. Некоторые типы башмаков, применяемых в различных странах:

а, б, в - тормозной башмак, применяемый в странах Европы

Отличительной особенностью железнодорожных колес является наличие гребня, удерживающего колесо на рельсе. Но при наезде на полоз башмака в кривой гребень колеса может задеть борт полоза и оторвать его, рис. 2.



Рис. 2. Отрыв борта полоза

Для предотвращения этого на многих башмаках борта сделаны укороченными (рис. 1 в). Поскольку наезд гребня нельзя исключить, удлиненный носок должен быть обязательной особенностью конструкции железнодорожных башмаков.

По характеру работы тормозные башмаки можно подразделить на стояночные, предназначенные для закрепления и удержания составов на стоянках, и горочные или аварийные, предназначенные для рассеяния энергии движущегося состава. Рассмотрим особенности работы каждого из этих типов.

Стояночные башмаки. Стояночные башмаки работают в основном в сравнительно легких условиях трения-покоя. Основное требование к ним – удержание состава от ухода в любых условиях. Поэтому рельсы на стоянках посыпают песком для обеспечения высокого коэффициента трения. Но если башмак не будет скользить, то появляется возможность перекатывания колеса через башмак. Следовательно, конструкция стояночного башмака должна, с одной стороны, обеспечить надежное удержание состава в условиях максимального коэффициента трения (до 0,6), а с другой – предотвратить перекатывание через него колеса. Поскольку стояночные башмаки могут переноситься вручную на большие расстояния, то немаловажным требованием к ним является небольшой вес. Массовое применение не позволяет использовать дорогие материалы и технологии упрочнения. Совокупность этих требований предполагает использование термоупрочненных сталей. Как показывают расчеты, при использовании сравнительно недорогих среднеуглеродистых сталей можно снизить массу

стояночного башмака до 3-4 кг с сохранением достаточного срока службы при интенсивном использовании (3-4 года).

Основными повреждениями стояночных башмаков являются излом ручки и колодки в результате перекатывания колеса (рис. 3 а,б) и смятие носка (рис. 4). Смятию носка способствует фрезеровка носка. Считается, что это облегчает вкатывание колеса на полоз. Эксперименты, однако, показали, что толщина полоза до 10 мм не вызывает никаких затруднений для вкатывания колеса, но её уменьшение резко снижает прочность носка. Поэтому проблема смятия была решена путем устранения фрезеровки и упрочнения полоза.



а



б

Рис. 3 а, б - Излом и деформация ручки при обратном наезде колеса на ручку колодки



Рис. 4 Смятие носка

Для предотвращения перекатывания колеса высота упорной колодки была увеличена, а для снижения ее массы применили упрочняющую термическую обработку. Модель перспективного стояночного башмака представлена на рис. 5.



Рис. 5 Модель перспективного стояночного башмак

Горочные башмаки. Горочные и аварийные башмаки работают в гораздо более тяжелых условиях. При торможении тяжелого отцепа, движущегося со скоростью до 4м/с, тормозной башмак под колесом с нагрузкой до 300 000 Н должен выдерживать путь скольжения до 25 м (максимальный коэффициент трения составляет 0,6). При работе башмака образуются две пары трения на полозе: колесо-полоз и полоз-рельс, расположенные друг над другом. В результате работа сил трения, выделяемая в небольшом объеме под опорой колеса удваивается:

$$2A_{\text{тр}} = 2 \cdot \frac{P \cdot l}{f_{\text{тр}}} = 2 \cdot \frac{300000 \cdot 25}{0,6} = 25000000 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Мощность сил трения в зоне опоры колеса составляет:

$$W = \frac{2 \cdot A_{\text{тр}}}{V} = \frac{25000000}{4} = 6250000 \text{Вт}$$

где: P – нагрузка на колесо,
 l – путь скольжения,
 $f_{\text{тр}}$ – максимальный коэффициент трения (0,6)

При этом выделяется энергия ~6000 ккал, а на пятне контакта под колесом металл полоза прогревается до температуры 700°C.[1] Кроме того башмак испытывает большие динамические нагрузки при вкатывании колеса на полз и ударе о колодку. При движении в кривых на борта полоза действуют боковые силы, которые в сумме с силами трения превосходят по величине вертикальные силы. Под действием этих сил происходит разгиб бортов и коробление полоза. Кроме того материалы деталей башмака должны предотвращать выкальзывание его в момент удара колеса о колодку.

Таким образом, к различным частям полоза и к колодке предъявляются противоречивые требования, что значительно усложняет и удорожает производство горочных башмаков.

Поскольку носок полоза подвергается нагреву до температур высокого отпуска, его на его прочность влияет только структура. Известно [2], что пластинчатые структуры имеют большее сопротивление износу, контактной усталости и пластическому смятию. Поэтому носок полоза должен быть термообработан на пластинчатый перлит с твердостью, соответствующей или немного выше твердости стали при отпуске на 700 °С. Структура носка представлена на рис.6.

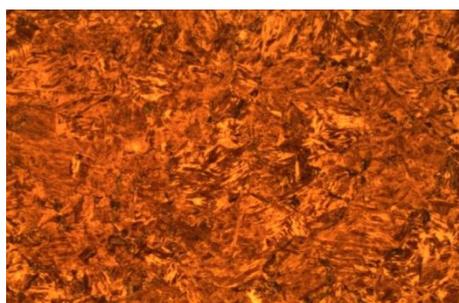


Рис.6. Микроструктура носка перспективного горочного башмака, x500

Поскольку борта полоза должны, с одной стороны иметь большое сопротивление пластическим деформациям, а с другой – все же не ломаться при больших деформациях, которые неизбежны вследствие износа и изменении формы рельсов и колес, необходимо оптимальное сочетание их прочностных и пластических свойств. Очевидно, что здесь лучше применить стали с зернистым перлитом, имеющим более высокие пластические свойства. Опытным путем было найдено, что оптимальная твердость задней части полоза, включая борта, должна быть 270-300 НВ. Внешний вид горочного башмака новой конструкции представлен на рис.7



Рис. 7. Внешний вид горочного башмака усовершенствованной конструкции

Эксплуатационные испытания новых тормозных башмаков показали, что их срок службы превосходит срок службы применяемых в настоящее время в 2 раза.

Список литературы:

1. Тепловые процессы в системе “колодка-колесо-рельс” Постановка задач и краткий обзор исследований. Применение тепловых моделей для анализа процессов в системе «колодка - колёсная пара – рельс» эл.журнал “Трение, износ, смазка”, 2004, №2, 21 выпуск. Жаров И.А.
2. Марков Д.П. Трибология и её применение на железнодорожном транспорте / Труды ВНИИЖТ. – М.: Интекст, 2007. – 408 с.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ДВИЖЕНИЯ ДИСКА НА ВЯЗКОУПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Кальмова М.А., Павлов Г.В.

Россия, САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. В работе исследовано движение неголономной консервативной механической системы Чаплыгина «диск-вязкоупругое релаксирующее основание» модели Кельвина, имеющая циклические координаты. Решена новая задача о построении асимптотически устойчивого программного движения диска. Задача решена прямым методом Ляпунова с использованием функции Ляпунова.

Ключевые слова: система Чаплыгина, уравнения возмущенного движения, стабилизирующее управление, асимптотическая устойчивость.

Вопросы устойчивости движения систем тесно связаны с теорией управления, в частности с теорией оптимального управления, основы которой заложены Л. С. Понтрягиным, В. Г. Болтянским, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко и Р. Беллманом. В результате такой связи появилось новое направление в механике, которое относится к проблемам стабилизации управляемых движений. Это направление отражено в [1], [2]. В работе [3] анализируется движение одноосной колесной транспортной платформы с двухстепенным гироскопом, перемещающейся без проскальзывания по плоской не вращающейся горизонтальной поверхности. Получена общая математическая модель, которая в частном случае совпадает с моделью в форме уравнений Чаплыгина [4], что позволяет получить физическую интерпретацию уравнений Чаплыгина.

Однако исследование динамики тел вращения на вязкоупругом основании наделенном наследственными свойствами рассмотрено недостаточно полно.

Задача о качении диска на вязкоупругом основании является контактной задачей. Движение диска будет определяться системой дифференциальных уравнений в форме модифицированных уравнений Чаплыгина, включающих обобщенную реологическую силу реакции и уравнениями связей. Напряженно-деформируемое состояние основания описывается дифференциальным уравнением, вытекающим из структуры модели Кельвина. Условия сопряжения реализуются совместным решением этих систем уравнений.

Как известно [5], уравнения неголономных связей и уравнения движения диска на вязкоупругом основании, представленные в форме Чаплыгина, имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial(T)}{\partial \dot{\psi}} - \frac{\partial(T)}{\partial \psi} + Mr^2 \dot{\theta} \dot{\phi} \sin \theta &= 0, & \frac{d}{dt} \frac{\partial(T)}{\partial \dot{\zeta}} - \frac{\partial(T)}{\partial \zeta} + P \sin \theta - gM - c_1 \zeta &= 0, \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial(T)}{\partial \dot{\theta}} - \frac{\partial(T)}{\partial \theta} + gMr \cos \theta - Pr \sin \theta \cos \theta &= 0, & \dot{\xi}_c &= r(\dot{\theta} \sin \theta \sin \psi - \cos \psi (\dot{\phi} + \dot{\psi} \cos \theta)), \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial(T)}{\partial \dot{\phi}} - \frac{\partial(T)}{\partial \phi} - Mr^2 \dot{\psi} \dot{\theta} \sin \theta &= 0, & \dot{\eta}_c &= -r(\dot{\theta} \sin \theta \cos \psi + \sin \psi (\dot{\phi} + \dot{\psi} \cos \theta)), \\ & & \dot{\zeta}_c &= r\dot{\theta} \cos \theta - \dot{\zeta}, \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь (T) - кинетическая энергия, с исключенными зависимыми скоростями, r - радиус диска, M - масса диска, ψ - угол прецессии, ϕ - угол собственного вращения, θ - угол нутации, P - реологическая сила реакции основания, ζ - вертикальная составляющая деформации основания, g - ускорение свободного падения. Координата ϕ - циклическая, ψ - квазициклическая, так как она входит в уравнения неголономных связей. Координаты θ и ζ - позиционные.

Силовое взаимодействие основания с диском, описываемое моделью Кельвина, представлено выражением:

$$n\dot{P} + P = nc\dot{\zeta} + c_1\zeta. \quad (2)$$

где n - время релаксации, c - мгновенный модуль упругости, c_1 - длительный модуль упругости основания. При отсутствии вязкоупругого основания, когда $\zeta = 0, P = 0$, уравнения (1) переходят в известные уравнения [6].

В силу особенностей естественной структуры материала основания, типа поролонa, предполагаем медленное изменение деформаций основания по сравнению с периодом колебаний, который зависит от частоты вращения несбалансированного диска, а, следовательно, от скорости движения его центра масс, считаем деформацию основания постоянной в пределах одного периода и интегрируем уравнение (2), в результате получим функцию

$$P = c_1 \left((1 - e^{-\frac{t_1}{n}}) \frac{n}{t_1} \beta + \zeta \right) + cn \dot{\zeta}, \quad (3)$$

где β – статический прогиб основания, $t_1 \leq n$ – временной интервал интегрирования.

С учетом (3), принимая гипотезу радиального направления реологической силы, приходим к системе уравнений

$$\sin \theta \dot{\theta} (I_z \dot{\phi} + 2(-I_y + I_z + Mr^2) \cos \theta \dot{\psi}) + I_y \sin^2 \theta \ddot{\phi} + (I_z + Mr^2) \cos \theta (\ddot{\phi} + \cos \theta \ddot{\psi}) = 0,$$

$$-(I_z + Mr^2) \sin \theta \dot{\theta} \dot{\psi} + (I_z + Mr^2) (\ddot{\phi} + \cos \theta \ddot{\psi}) = 0,$$

$$\frac{1}{4} (4r \cos \theta (gM - \sin \theta) (c_1 (\frac{1 - e^{-\frac{t_1}{n}} n \beta}{t_1} + \zeta) + cn \dot{\zeta})) + 4(I_z + Mr^2) \sin \theta \dot{\phi} \dot{\psi} + 2(-I_y + I_z + Mr^2) \sin 2\theta \dot{\psi}^2 - 4Mr \cos \theta \ddot{\zeta} + 4(I_y + Mr^2) \ddot{\theta} = 0,$$

$$-gM + c_1 \zeta + \sin \theta (c_1 (\frac{1 - e^{-\frac{t_1}{n}}}{t_1} + \zeta) + cn \dot{\zeta} + Mr \dot{\theta}^2) + M \ddot{\zeta} - Mr \cos \theta \ddot{\theta} = 0. \quad (4)$$

Исследуем систему (4) на устойчивость. Для построения уравнений, описывающих стационарное движение, сделаем подстановку, вытекающую из известного положения-постоянных значениях циклических скоростей и позиционных координат

$$\theta = \alpha = const, \dot{\theta} = 0, \zeta = \beta = const, \dot{\zeta} = 0, \dot{\psi} = \Omega = const, \dot{\phi} = \omega = const. \quad (5)$$

Уравнения стационарного движения при гипотезе радиального направления реологической силы имеют вид:

$$\frac{\Omega(-2(I_z + Mr^2)(\omega + \Omega \cos \alpha) \sin \alpha + I_y \Omega \sin 2\alpha) - 2r\beta \cos \alpha c_1}{2I_y + Mr^2 - Mr^2 \cos 2\alpha} = 0,$$

$$-(2 \cos \alpha (\Omega((I_z + Mr^2)\omega + (-I_y + I_z + Mr^2)\Omega \cos \alpha) \sin \alpha + r\beta \cos \alpha c_1)) / (-2I_y - Mr^2 + Mr^2 \cos 2\alpha)$$

$$-\frac{-gM + \beta c_1(1 + \sin \alpha + \frac{(1 - e^{-\frac{t_1}{n}})n \sin \alpha}{t_1})}{M} = 0. \quad (6)$$

Зависимость угла нутации диска $\theta = \alpha$ от угловой скорости собственного вращения, построенная при следующих численных значениях: представлена на рис. 1 (7)

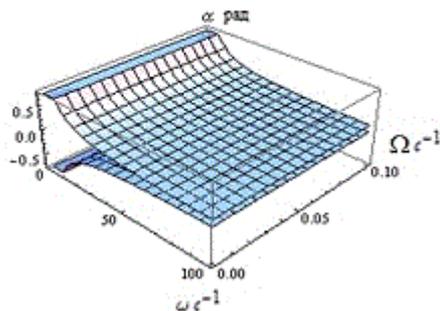


Рис. 1 Наглядное изображение двумерности многообразия стационарных движений.

$$I_z = \frac{Mr^2}{2} \text{ кг} \cdot \text{см}^2, r = 0,2 \text{ см}, \tilde{\theta} = \frac{\pi}{2} \text{ рад},$$

$$I_y = \frac{Mr^2}{4} \text{ кг} \cdot \text{см}^2, c = c_1 = 10 \frac{\text{Н}}{\text{см}}, n = 50 \text{ с}$$

$$, \zeta = 0,02 \text{ см}, M = 1 \text{ кг}, g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2},$$

$$t_1 = 20 \text{ с}, \nu = 300, \beta = 0,01 \text{ см}, k_1 = 0,$$

$$k_2 = \frac{\pi}{2} \text{ рад}, k_3 = \frac{\pi}{2} \text{ рад}, k_4 = 0,01 \text{ см},$$

$$c_{11} = 2 \frac{\text{Н}}{\text{см}}, c_{22} = 7,78 \frac{\text{Н}}{\text{см}}, \mu = 1, \lambda = 40,$$

Точки верхней плоскости на рис. 1 соответствуют движениям диска с различными угловыми скоростями собственного вращения и углами наклона диска с основанием (углами нутации). Из рисунка следует, что наибольший угол нутации не превышает 57,30. Так же видно, что угловая

скорость прецессии Ω практически не влияет на величину угла нутации. Было построено программное управление для заданных движений диска:

$$\psi_{np.} = k_1 t, \quad \varphi_{np} = k_2 t, \quad \theta_{np} = k_3, \quad \zeta_{np} = k_4.$$

Перейдем от уравнений (4) к уравнениям в отклонениях, определив отклонения равенствами:

$$\theta = \alpha + x_1, \quad \dot{\theta} = x_2, \quad \zeta = \beta + x_3, \quad \dot{\zeta} = x_4, \quad \dot{\psi} = \Omega + x_5, \quad \dot{\varphi} = \omega + x_6. \quad (8)$$

Уравнения возмущенного движения примут вид:

$$\dot{x}_1 = x_2,$$

$$\begin{aligned} \dot{x}_2 = & (e^{-nt} (cnr(2\beta(\cos k_3 - 2\cos(x_1 + k_3))\sin k_3 - 2(\cos k_3 - 2\cos(x_1 + k_3))\sin k_3 k_4 + \\ & + \sin 2(x_1 + k_3)(x_3 - \beta + k_4) - 4\cos(x_1 + k_3)\sin(x_1 + k_3)(x_3 - \beta + k_4)) + \\ & + e^{nt} (2r \cos k_3 (gMt_1 - cn\beta \sin k_3) - 2(I_z + Mr^2 t_1 \sin(x_1 + k_3)(x_5 + k_1)(x_6 + k_2) + \\ & + 2\sin k_3 (t_1 k_1 ((-I_y + I_z + Mr^2) \cos k_3 k_1 + (I_z + Mr^2) k_2) + cr(n - t_1)(\cos k_3 - \\ & - 2\cos(x_1 + k_3)k_4) + \sin 2(x_1 + k_3)((I_y - I_z - Mr^2)t_1(x_5 + k_1)^2 + cr(t_1(x_3 + k_4) - n(x_3 - \beta + k_4)))) + \\ & + 2r \cos(x_1 + k_3)(2cn\beta \sin k_3 - Mt_1(g + rx_2^2 \sin(x_1 + k_3)) - \\ & - 2c \sin(x_1 + k_3)(t_1(x_3 + k_4) - n(x_3 - \beta + k_4))) + 2rt_1 x_3 \cos(x_1 + k_3) c_1))) / \\ & / 2t_1(I_y + Mr^2 - Mr^2 \cos(x_1 + k_3)^2), \end{aligned}$$

$$\dot{x}_3 = x_4,$$

$$\begin{aligned} \dot{x}_4 = & -(e^{-nt} (2cn(-\frac{1}{2} Mr^2 \beta \cos(x_1 + k_3) \sin 2k_3 + (-2(I_y + Mr^2) + Mr^2 \cos k_3 \cos(x_1 + k_3)) \sin k_3 k_4 - \\ & - Mr^2 \cos(x_1 + k_3)^2 \sin(x_1 + k_3)(x_3 - \beta + k_4) + 2(I_y + Mr^2)(\beta \sin k_3 + \sin(x_1 + k_3)(x_3 - \beta + k_4))) + \\ & + e^{nt} (Mr \cos(x_1 + k_3)(2r \cos k_3 \cdot (-gMt_1 + cn\beta \sin k_3) + (I_z + Mr^2)t_1 \sin 2(x_1 + k_3)(x_5 + k_1)^2) + \\ & + Mr(I_z + Mr^2)t_1 \sin 2(x_1 + k_3)(x_6 + k_2) + Mr \cos(x_1 + k_3) \sin 2k_3((I_y - I_z - Mr^2)t_1 k_1^2 + cr(-n + t_1)k_4) + \\ & + 2\sin k_3(-Mr(I_z + Mr^2)t_1 \cos(x_1 + k_3)k_1 k_2 + 2c(I_y + Mr^2)(n - t_1)k_4) + \\ & + 2(I_y + Mr^2)(-2cn\beta \sin k_3 + \sin(x_1 + k_3)(Mrt_1 x_2^2 + 2c(n\beta - n(x_3 + k_4) + t_1(x_3 + k_4)))) - \\ & - 2Mr \cos(x_1 + k_3)^2(-gMrt_1 + \sin(x_1 + k_3)(I_y t_1(x_5 + k_1)^2 + cr(n\beta - n(x_3 + k_4) + \\ & + t_1(x_3 + k_4)))) - 2(I_y + Mr^2)t_1 x_3 c_1))) / (2Mt_1(I_y + Mr^2 - Mr^2 \cos(x_1 + k_3)^2)), \end{aligned}$$