

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

16+

**ВЫПУСК
38**

2016



Петропавловск-Камчатский

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

Bulletin of Kamchatka State Technical University

Журнал размещается
в Научной электронной библиотеке (договор № 22-02/2011 R от 01.02.2011),
в международной информационной системе по водным наукам и рыболовству ASFIS
(Aquatic Sciences and Fisheries Information System) (соглашение от 17.05.2011)

Journal is sited in Scientific electronic library (contract № 22-02/2011 R of 01.02.2011),
in Aquatic Sciences and Fisheries International Information System ASFIS
(agreement of 17.05.2011)

ВЫПУСК

38

2016

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ключкова Н.Г. (главный редактор)	доктор биологических наук, директор центра научного образования, научных и инновационных проектов Камчатского государственного технического университета
Токарева Г.А. (научный редактор)	доктор филологических наук, доцент, профессор кафедры истории и философии Камчатского государственного технического университета
Ольхина О.В. (ответственный секретарь)	заведующая издательством Камчатского государственного технического университета
Белавина О.А. (технический секретарь)	специалист по научно-технической информации отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
Адамов Н.А.	доктор экономических наук, профессор, генеральный директор ОАО «ИТКОР», член-корреспондент Международной академии менеджмента
Дьяков Ю.П.	доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела морских биологических ресурсов Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
Кадникова И.А.	доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
Карпенко В.И.	доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Короченцев В.И.	доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой приборостроения Дальневосточного федерального университета
Левков С.А.	доктор социологических наук, ректор Камчатского государственного технического университета
Лобков Е.Г.	доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Мандрикова О.В.	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета
Приходько Ю.В.	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой продуктов питания из растительного сырья и технологии живых систем Дальневосточного федерального университета
Проценко И.Г.	доктор технических наук, профессор, проректор Камчатского государственного технического университета
Пюкке Г.А.	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры систем управления Камчатского государственного технического университета
Растамханова Л.Н.	доктор экономических наук, доцент, генеральный директор ООО «Управляющая компания «Региональная академия системных технологий и амплификационного мышления»
Швецов В.А.	доктор химических наук, доцент, профессор кафедры электро-и радиооборудования судов Камчатского государственного технического университета
Шевцов Б.М.	доктор физико-математических наук, профессор, директор Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук

EDITORIAL BOARD

Klochkova N.G. (Editor-in-chief)	Doctor of Biological Sciences, Director of Centre for Scientific Education, Research and Innovation Projects of Kamchatka State Technical University
Tokareva G.A. (Scientific Editor)	Doctor of Philological Sciences, Associate Professor, Professor of History and Philosophy Chair of Kamchatka State Technical University
Olkhina O.V. (Executive Secretary)	Head of Publishing House of Kamchatka State Technical University
Belavina O.A. (Technical Secretary)	Specialist in Technical and Scientific Information of Science and Innovation Department
Adamov N.A.	Doctor of Economic Sciences, Professor, General Director of JSC «Scientific Research Institute of Economics and Organization of Maintenance Supply», member of CEO
Dyakov U. P.	Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher of Marine Biological Resources Department of Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
Kadnikova I.A.	Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of Seaweed Raw Material Safety and Quality Laboratory of Pacific Scientific Research Fisheries Centre
Karpenko V.I.	Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair of Kamchatka State Technical University
Korochentzev V.I.	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Instrumentation Chair of Far Eastern Federal University
Levkov S.A.	Doctor of Sociological Sciences, Rector of Kamchatka State Technical University
Lobkov E.G.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair of Kamchatka State Technical University
Mandrikova O.V.	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Information and Telecommunication Systems and Technologies Chair of Belgorod State National Research University
Prihodko J.V.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Plant-Based Foodstuffs and Technology of Living Systems Chair of Far Eastern Federal University
Protsenko I.G.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector of Kamchatka State Technical University
Pyukke G.A.	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Control Systems Chair of Kamchatka State Technical University
Rastamkhanova L.N.	Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, General Director of LLC «Management company «Regional Academy of System Technologies and Amplification Thinking»
Shvetsov V.A.	Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of Electrical and Radio Equipment of Ships Chair of Kamchatka State Technical University
Shevtsov B.M.	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Director of Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Science

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Долгая А.А., Викулин А.В., Герус А.И. Исследование закономерностей геодинамической активности методами математического моделирования.....	6
Марченко А.А., Труднев С.Ю. Экспериментальные исследования процесса искусственного нагружения судовых асинхронных электродвигателей	16
Ким Э.Н. Технология приготовления мороженого краба с использованием ультразвуковой обработки	23
Костенко А.А., Ким И.Н. Практическое применение технологии приготовления сыра тофу с добавлением полинуклеотидного комплекса из молок лососевых	29
Пивненко Т.Н., Ковалев Н.Н., Ким Г.Н., Позднякова Ю.М., Перцева А.Д. Обоснование технологии получения биологически активных добавок из голотурий с применением ультразвуковой обработки	36
Рогов А.М., Кадникова И.А., Аминина Н.М. Влияние ферментной обработки сахарины японской на ее химический состав	44

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Климова А.В., Клочкова Т.А., Клочкова Н.Г. О типовых образцах видов рода <i>Alaria</i> Greville камчатской альгофлоры	51
Клочкова Т.А., Ким Г.Х. Старение и патогистологические изменения клеток у представителей рода морских заднежаберных моллюсков <i>Elysia</i> Risso, 1818	63
Ковалев Н.Н., Ким Г.Н., Михеев Е.В., Позднякова Ю.М., Есипенко Р.В. Изучение сезонной динамики технохимического состава и активности ферментов гребешка приморского	74
Литвиненко А.В., Попова Д.С. Эффективность работы некоторых рыбоводных заводов Сахалина по результатам массового маркирования тихоокеанских лососей	81

РАЗДЕЛ III. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Бильчинская С.Г., Сюльжин И.Н., Чернявский Ю.А., Шабинская Е.В. Регрессионный двухкомпонентный анализ инфляционной составляющей в системных показателях экономической деятельности регионов	90
Михайлова Е.Г., Дьяков М.Ю. Оценка эффективности ресурсосбережения в рыбной отрасли на основе имитационного моделирования	100
Сахабиева Г.А. О скоринговом методе оценки кредитоспособности клиентов	109
Шуликов А.О. Экономико-политические факторы влияния на процесс консолидации властных элит в новейшей истории России	116
Правила оформления рукописей статей	126

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Dolgaya A.A., Vikulin A.V., Gerus A.I.	
Researching the regularities of geodynamic activity by the methods of mathematical modelling.....	6
Marchenko A.A., Trudnev S.Y.	
Pilot studies on the process of artificial loading of ship induction motors	16
Kim E.N.	
Technology of frozen crab based on the use of ultrasonic treatment	23
Kostenko A.A., Kim I.N.	
Practical application of the technology of tofu with the polynucleotide salmon milt complex.....	29
Pivnenko T.N., Kovalev N.N., Kim G.N., Pozdnyakova Y.M., Pertzeva A.D.	
Substantiation of the technology of biologically active supplements with sea cucumbers using ultrasonic treatment	36
Rogov A.M., Kadnikova I.A., Aminina N.M.	
Influence of enzyme treatment of <i>Saccharina japonica</i> on its chemical composition.....	44

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Klimova A.V., Klochkova T.A., Klochkova N.G.	
Finding type specimens of species from the genus <i>Alaria</i> Greville distributed in the marine flora of Kamchatka	51
Klochkova T.A., Kim G.H.	
Senescence and pathohistological changes in cells of the marine sacoglossan mollusks from the genus <i>Elysia</i> Risso, 1818	63
Kovalev N.N., Kim G.N., Mikheev E.V., Pozdnyakova Y.M., Esipenko R.V.	
Researching the seasonal dynamics of technochemical composition and enzyme activity in scallop tissue	74
Litvinenko A.V., Popova D.S.	
The efficiency of some hatcheries in Sakhalin according to the results of mass marking of pacific salmon	81

SECTION III. SOCIO-ECONOMIC AND PUBLIC SCIENCES

Bilchinskaya S.G., Syulzhyn I.N., Chernyavskiy Y.A., Shabinskaya E.V.	
Double-component regression analysis of the inflation component in systematic indicators of regional economic activity	90
Mikhaylova E.G., Dyakov M.U.	
Efficiency assessment of resource-saving in fish industry on the basis of simulation modelling	100
Sakhabieva G.A.	
About the scoring method of assessing the customer creditworthiness	109
Shulikov A.O.	
Economic and political factors influencing on the consolidation of power elites in Russia's modern history	116
Manuscripts guidelines	126

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 551.2.01+51-7

А.А. Долгая, А.В. Викулин, А.И. Герус

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрены результаты исследования временных, пространственно-временных и энергетических закономерностей геодинамического процесса, протекающего в пределах тектонически активных поясов планеты. С помощью разработанных авторами методов показано существование основного общего периода геодинамического процесса $T_0 \approx 250$ лет; показано, что миграция является характерным свойством сейсмической и вулканической активности планеты. Предложена волновая модель геодинамического процесса, в основу которой заложены выявленные в работе обобщенные представления о периодичности сейсмического и вулканического процессов, их пространственно-временных свойствах (миграции) и о сохраняющейся векторной величине, чувствительной к направлению течения геодинамического процесса.

Ключевые слова: математическое моделирование, марковские процессы, спектральный анализ, сейсмичность, вулканизм, геодинамика.

A.A. Dolgaya, A.V. Vikulin, A.I. Gerus

RESEARCHING THE REGULARITIES OF GEODYNAMIC ACTIVITY
BY THE METHODS OF MATHEMATICAL MODELLING

The paper presents the results of research of time, space-time and energy regularities of geodynamic process that takes place within the tectonically active regions of the planet. With the help of methods developed by the authors it has been found seismicity and volcanism have the properties of cyclicity (quasi-periodicity) with a common period $T_0 \approx 250$ years. Also migration is demonstrated to be a characteristic feature of the planet's seismic and volcanic activity. We have proposed the wave model of geodynamic process that is based on revealed general concepts about periodicity of seismic and volcanic processes, their spatio-temporal properties (migration) and about the conserving vector-like value which is sensitive to the direction of geodynamic process.

Key words: mathematical modeling, Markov processes, spectral analysis, seismicity, volcanism, geodynamics.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-6-15

Введение

Важность изучения и прогнозирования землетрясений и извержений вулканов как одних из наиболее значимых для человечества природных катастроф осознана сейчас как научным сообществом, так и властями регионов, отдельно взятых государств и их объединений. Сильное извержение вулкана Мерапи 5 ноября 2010 г. в Индонезии, катастрофическое землетрясение 11 марта 2011 г. в Японии и вызванные ими разрушения и человеческие жертвы в очередной раз показали, как опасны пробелы в данных о сейсмической и вулканической активности любого региона. Только полная и достоверная информация о происходящих геодинамических процессах позволяет надеяться на уменьшение негативных последствий природных катастроф.

Одной из первых важных особенностей сейсмичности и вулканизма, на которую исследователи достаточно давно обратили внимание, было свойство повторяемости, миграции и группировки сейсмических и вулканических событий во времени, в пространстве и по величине энергии: для землетрясений – выделяемой упругой энергии, для извержений – энергии, заключенной в объеме выбрасываемого на поверхность земли вулканического материала.

Подход к проблеме с достаточно общих позиций, как правило, позволяет по-новому подойти как к осмыслению стоящих перед исследователем задач, так и к их постановке.

Изучение эффектов повторяемости, миграции и группируемости сейсмических и вулканических событий, проводимое на «глобальном», планетарном масштабе, приобретает для геодинамики первостепенное значение. В свете современных требований такое исследование может быть выполнено только с использованием современных информационно-вычислительных технологий, которые позволяют осуществлять обработку максимально полных списков сейсмических и вулканических событий планеты и, как следствие, проводить изучение и выявлять закономерности геодинамического процесса с целью построения его модели.

Анализ работ, посвященных исследованию временных, пространственных и энергетических закономерностей геодинамического (сейсмического и вулканического) процесса, позволил сформулировать следующие основные выводы.

1. «Региональный» подход к проблеме часто не позволяет видеть всю картину в целом и ограничивает возможности интерпретации следствий моделей, построенных в рамках такого подхода. Во избежание вызванных таким подходом ложных выводов целесообразно рассматривать закономерности геодинамического (планетарного) процесса с достаточно общих позиций, что позволит на новом качественном и количественном уровне подойти к постановке и решению геодинамических задач.

2. Изучение геодинамического, по сути, планетарного процесса необходимо проводить в широком энергетическом диапазоне на основании максимально полных списков событий, произошедших в течение как можно более продолжительных отрезков времени.

3. Данные, полученные многими исследователями, позволяют предположить, что закономерности пространственного, временного и пространственно-временного распределения очагов землетрясений и вулканических извержений имеют волновую природу [1–3].

4. Исследования волновых закономерностей геодинамического процесса следует проводить в рамках блоковых представлений о строении геосреды [4–7].

5. Представляется, что исследование таких «глобальных», построенных с использованием данных о сейсмических и вулканических событиях, пространственного, временного и энергетического распределений, реализуемых в пределах вращающейся блоковой геосреды, целесообразно проводить на примере достаточно протяженных геодинамически активных регионов Земли, имеющих простую «линейную» геометрию: окраины Тихого океана, Альпийско-Гималайского пояса и Срединно-Атлантического хребта.

База данных сейсмических и вулканических событий

Для изучения закономерностей геодинамического процесса через призму сейсмической и вулканической активности с позиции глобального подхода необходимо создать информационный массив, позволяющий проводить такие исследования. Для решения данной задачи были созданы списки сейсмических и вулканических событий мира, данные о которых представлены в едином формате. Каждое событие в каталогах характеризуется следующими параметрами: дата события (год, месяц, день); время (ч, мин, с); координаты очага землетрясения или вулкана (долгота и широта); глубина очага землетрясения (для вулканических извержений принята за ноль); энергетическая характеристика события. В качестве энергетической характеристики для землетрясений используется магнитуда M (прямо пропорциональная логарифму сброшенной упругой энергии: $M \approx \lg E$); для извержений – индекс вулканической активности W , значения которого $W = 1, 2, \dots, 5, \dots, 7$ прямо пропорциональны логарифму объема выброшенного материала: $10^{-(4-5)}$, 10^{-3} , ..., $1, \dots, 10^2$ км³. Каталог землетрясений содержит данные о 11175 событиях, произошедших за последние 4,1 тыс. лет, каталог извержений включает данные о 620 вулканах мира, извергавшихся 6995 раз в последние 12 тыс. лет (см. табл.).

Для хранения такого большого объема информации и удобства ее обработки была разработана и зарегистрирована база данных [8], позволившая перевести созданные списки событий в формат, доступный для обработки средствами вычислительной техники. Для организации работы с базой данных была разработана и зарегистрирована информационно-вычислительная система (ИВС) «EQV» [9], реализующая все основные функции обработки и хранения данных. Созданная база данных и разработанное программное обеспечение позволяют исследовать особенности распределений сейсмической и вулканической активности в больших пространственном и временном масштабах и в широком энергетическом диапазоне в рамках единых представлений и с использованием различных методов.

Параметры каталогов сейсмических и вулканических событий

Регион	Землетрясения				Извержения			
	M	ΔT , год	N	b	W	ΔT , год	N	B
Весь мир	$6 \div 9,5$	$-2150 - 2015$	11175	$-0,9 \pm 0,1$	$1 \div 7$	$-9650 - 2015$	6995	$-0,5 \pm 0,05$
Окраина Тихого океана	$6 \div 9,5$	$27 - 2015$	8299	$-0,9 \pm 0,1$	$1 \div 7$	$-9650 - 2015$	4949	$-0,5 \pm 0,06$
Альпийско-Гималайский пояс	$6 \div 9$	$-2150 - 2015$	1577	$-0,8 \pm 0,1$	$1 \div 7$	$-8480 - 2015$	1323	$-0,6 \pm 0,05$
Срединно-Атлантический хребет	$5,5 \div 7,6$	$1961 - 2015$	1043	$-1,2 \pm 0,1$	$1 \div 6$	$-8910 - 2011$	327	$-0,4 \pm 0,08$

Примечание. ΔT – года первого и последнего события в каталоге, знак минуса обозначает года до нашей эры, N – число событий в каталоге, b и B – углы наклонов графиков повторяемости землетрясений и извержений вулканов, соответственно.

Методы и алгоритмы моделирования временных, пространственно-временных и энергетических закономерностей сейсмической и вулканической активности

Исследование временных закономерностей геодинамической активности. При изучении закономерностей временного распределения очагов землетрясений и извержений вулканов применялись методы спектрального, спектрально-корреляционного анализа временных рядов и разработанный авторами метод «квазифазовой плоскости».

Метод спектрального анализа временных рядов предполагает решение задачи линейной множественной регрессии с помощью преобразований Фурье. Значения периодограммы можно интерпретировать как дисперсию (вариацию) данных на соответствующей частоте [10]. Для дальнейшего анализа из всего перечня выявленных периодов выбираются значения периодов, соответствующие локальным максимумам на периодограммах.

Метод спектрально-корреляционного анализа временных рядов (СКАВРя) основан на равносильности представления функций во временной и частотной областях с помощью преобразований Фурье [11]. Спектрально-корреляционный анализ временных рядов также содержит в себе формулы преобразований Фурье, однако при этом выявляемые периоды проверяются на достоверность посредством проверки гипотезы о «белом шуме».

При проведении исследований для оценки «устойчивости» выявленных периодов исходные выборки событий изменялись по регионам, энергетической характеристике (M , W), временному интервалу и масштабу усреднения. Все полученные значения периодов затем группировались и наносились на частотную диаграмму. Значимыми признавались периоды, соответствующие локальным максимумам на итоговой диаграмме.

Проведение исследований описанными методами было автоматизировано с помощью разработанной информационно-вычислительной системы «Периодичность» [12].

Полученные данные показали, что для сейсмического и вулканического процесса, протекающего в наиболее тектонически активных регионах Земли, выделяются схожие диапазоны периодов с общим периодом $T_0 \approx 250 \pm 25$ лет и кратными ему $2T_0 \approx 450 \pm 50$, $4T_0 \approx 1000 \pm 100$ и $8T_0 \approx 2000 \pm 200$ лет (рис. 1). Четность периодов, по мнению авторов, может являться следствием замкнутости активных поясов планеты друг на друга. Таким образом, проведенный анализ временных «сейсмических» и «вулканических» рядов позволяет сделать вывод о том, что сейсмический и вулканический процессы, имеющие близкие значения основного периода и кратных ему четных периодов и протекающие в пределах мощнейших тектонических поясов планеты, могут являться проявлениями единого волнового геодинамического процесса (рис. 1).

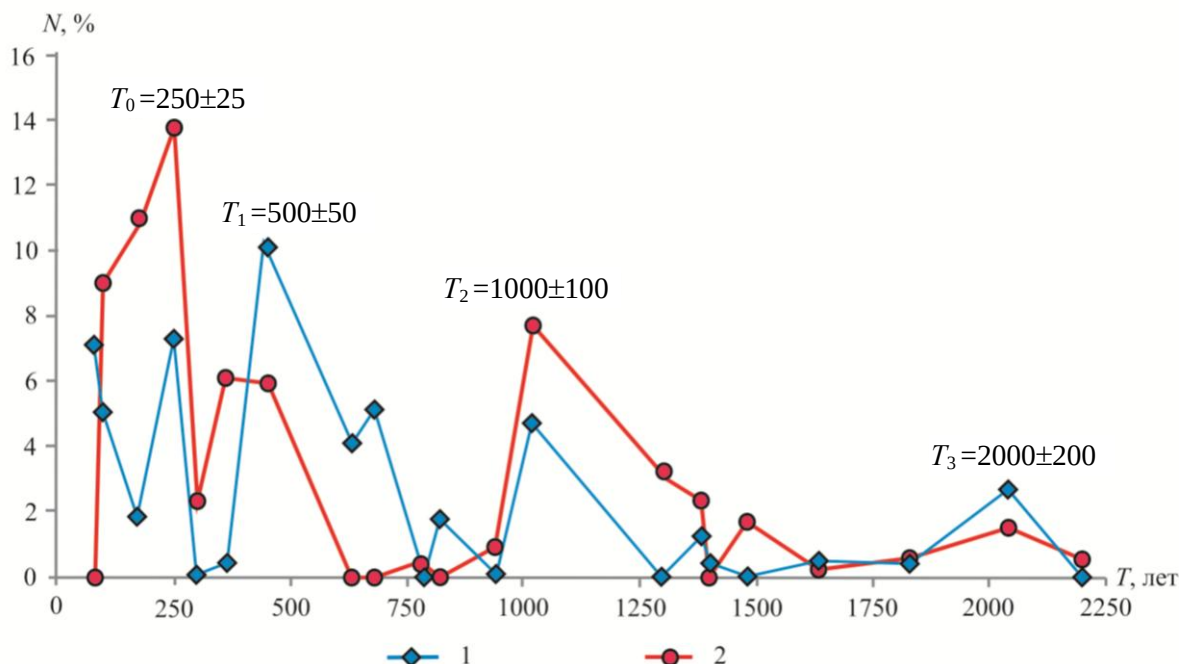


Рис. 1. Периоды сейсмического и вулканического процесса:
1 – периоды сейсмической активности, 2 – периоды вулканической активности.
N – доля встречаемости периода T среди всех выявленных периодов

Применяемые в исследовании методы и программные продукты разработаны с учетом возможности анализа различных рядов данных. Так, в результате применения описанного подхода к изучению природных катастроф и социальных явлений были получены данные о временных закономерностях «геосоциального» процесса [13].

Авторами была разработана и программно реализована [14] методика, позволившая адаптировать достаточно общий метод [2] фазовых плоскостей, применяемый в механике, к исследованию закономерностей геодинамического процесса (прежде всего, сейсмической его составляющей). Метод позволяет определить статистическую значимость отличия анализируемой экспериментальной закономерности от теоретической на плоскости с осями: магнитуда землетрясения M – временной интервал τ . В основе заложена идея анализа закономерностей временного ряда в окрестности $(\delta M, \delta(\tau))$ точки (M, τ) и построения «фазового портрета» по изолиниям равных значений доверительной вероятности. Тогда, например, наличие замкнутых вложенных друг в друга (непересекающихся) изолиний равных значений доверительной вероятности на такой плоскости $M - \tau$ в соответствии с известными представлениями механики и статистической физики может определять исследуемый процесс как периодический и/или квазипериодический. Похожая методика использовалась при исследовании закономерностей распределения геологических структур по размерам [15]. В настоящее время метод построения «фазовых портретов» широко используется при различных исследованиях. Например, в работе [16] отмечается их назначение: «Чтобы можно было наглядно увидеть не только качественные, но и количественные различия в динамике того или иного параметра во времени».

Метод предполагает:

1. Формирование максимальной по продолжительности выборки событий, характеризующей исследуемый ряд данных.
2. Определение магнитудного диапазона и формирование списка событий, участвующих в данном цикле вычислительного эксперимента.
3. Формирование упорядоченной по возрастанию экспериментальной последовательности значений временных интервалов между двумя соседними событиями и группировка интервалов по параметру τ .
4. Построение теоретической последовательности. В качестве теоретических использовались законы распределения Пуассона, Парето и Вейбулла – Гнеденко.

5. Сравнение теоретической и экспериментальной последовательности с помощью критерия согласия Пирсона χ^2 .

6. После повторения этапов 2–5 для разных магнитудных диапазонов и временных интервалов Δt – графическое представление результатов сравнения теоретической и экспериментальной последовательности на плоскости $M - \Delta t$ и его анализ.

На примере большого сейсмологического материала – северо-западной окраины Тихого океана и тихоокеанского побережья Южной Америки общей протяженностью 14 000 км по сейсмическим данным за 1900–2013 гг. показано, что «фазовым портретом» сейсмического процесса независимо от типа теоретического распределения (Пуассона, Парето и Вейбулла) является система непересекающихся замкнутых изолиний. Такой «фазовый портрет» позволил предположить, что сейсмический процесс в пределах окраины Тихого океана является периодическим (квазипериодическим). Выполненные расчеты показали, что системы замкнутых изолиний на плоскостях $M - \tau$ могут быть интерпретированы как определяющие их циклические (квазипериодические) движения с периодом $T_1 \approx 220\div 260$ лет.

Полученное значение T_1 близко периоду T_0 , что позволяет сейсмический процесс считать циклическим (квазипериодическим). Существование для сейсмического и вулканического процессов общих периодов, выявленных независимыми методами, дает основание предположить, что они могут являться составными частями (единого) геодинамического процесса, имеющего, таким образом, квазипериодическую волновую природу.

Исследование пространственно-временных закономерностей геодинамической активности. Геодинамический процесс в пределах тектонически активных зон планеты «фиксируется» сейсмическими и вулканическими событиями, распределенными вдоль длинных и узких параллельных друг другу поясов. Это позволяет моделировать развитие сейсмического и/или вулканического процесса как одномерную последовательность событий, происходящих вдоль «осевой» линии тектонического пояса. В теории случайных процессов такая модель соответствует одномерному случайному блужданию, порождаемому суммами взаимно независимых одинаково распределенных величин $X_1, X_2, \dots, X_n$, или цепями Маркова [17].

Цепью Маркова является последовательность событий без последствия, то есть такая последовательность, в которой будущее состояние системы зависит только от ее нынешнего состояния. Еще одним условием описания модели является требование, чтобы вероятности переходов из состояния в состояние подчинялись экспоненциальному закону, то есть переход из состояния в состояние представляет собой пуассоновский поток [18].

Основным признаком дискретной марковской цепи является детерминированность временных интервалов между отдельными шагами (этапами) процесса. Однако часто в реальных процессах это свойство не соблюдается, и интервалы оказываются случайными с каким-либо законом распределения, хотя марковость процесса сохраняется. К такому случаю относятся и последовательности землетрясений и извержений вулканов, для которых было показано [19], что временные интервалы между событиями с более высокой степенью достоверности описываются распределением Вейбулла. И пусть распределение Пуассона представляет собой частный случай распределения Вейбулла, формальное условие марковости процесса не выполняется, поэтому в данном случае мы можем считать, что случайные последовательности землетрясений и извержений вулканов являются *полумарковскими* [18].

Пусть $S_0 = 0, S_n = X_1 + X_2 + \dots + X_n$, тогда последовательность координат $(n, S_n), n = 0, 1, 2, \dots$, описывает траекторию случайного блуждания. Для построения модели в рамках таких представлений необходимо было преобразовать двумерное пространственное распределение сейсмических и вулканических событий (в осях «широта, долгота») в одномерное. Для этой цели вдоль активных поясов Земли были построены осевые линии, проходящие через стыки литосферных плит, крупные разломы и места наибольшего скопления событий (рис. 2). Для каждой из линий было получено параметрическое уравнение интерполирующей кривой [20]. В результате стало возможным для каждого события определить расстояние l от его местонахождения до начала осевой линии.

В соответствии с моделью необходимо было выявить и проанализировать марковские цепи событий, формирующие в сумме геодинамическую активность. Для обеспечения условия окон-

чания формирования цепи в модель вводились поглощающие экраны, накладывающие ограничения на допустимые значения координат событий, формирующих цепочки. Алгоритм разбиения всей совокупности анализируемых данных на случайные последовательности событий («цепочки миграции») в результате сводился к следующему: для каждого i -го события каталога со временем t_i и координатой l_i искалось такое $i + 1$ -е событие, время и координата которого удовлетворяли условиям $t_{i+1} \geq t_i$, $l_{i+1} \geq l_i$.

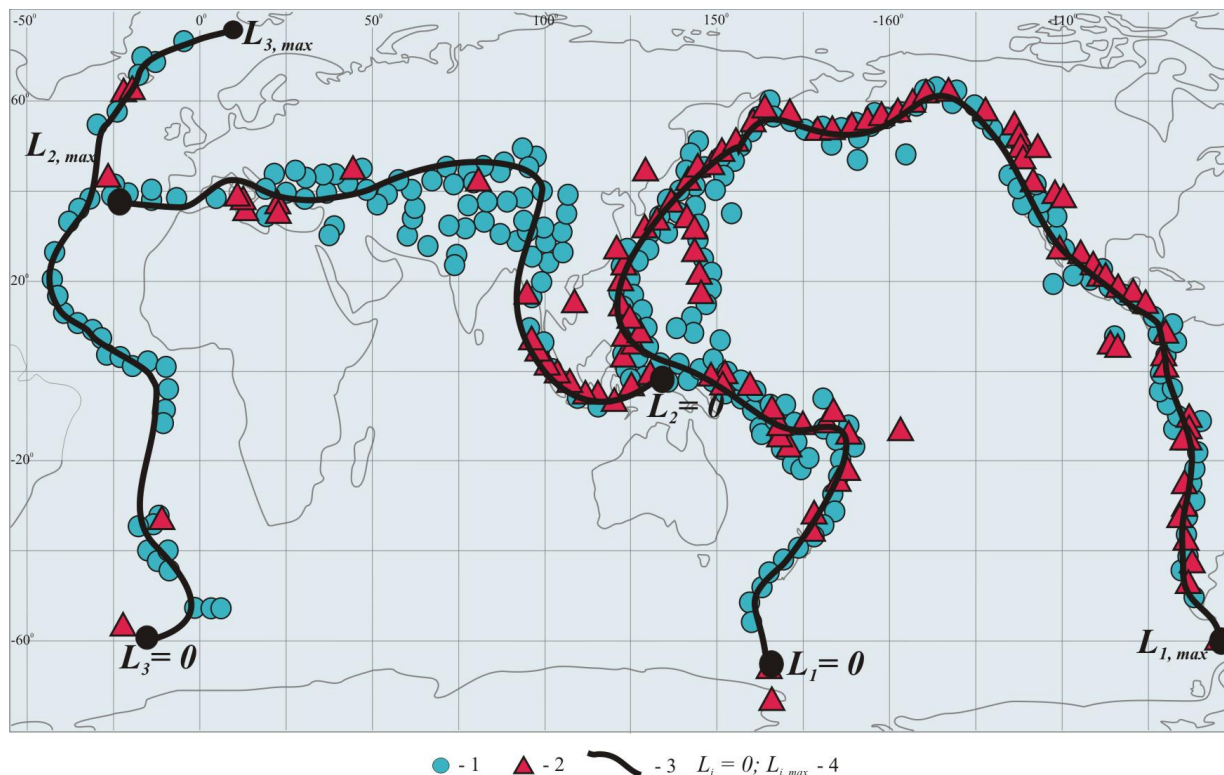


Рис. 2. Геодинамически активные пояса планеты:
1 – очаги землетрясений; 2 – вулканы, 3 – осевые линии вдоль поясов,
4 – начала и окончания поясов: $i = 1$ – окраина Тихого океана,
 $i = 2$ – Альпийско-Гималайский пояс, $i = 3$ – Срединно-Атлантический хребт

Описанный подход был формализован в виде вычислительного метода исследования миграции сейсмической и вулканической активности (ИМСиВА) [22], который был программно реализован в виде информационно-вычислительной системы «Migration_2» [20].

Метод ИМСиВА предполагает выполнение ряда этапов. Сначала формируется исходная выборка событий: определяется географический регион, временной интервал, диапазон магнитуд (индексов эксплозивности W для извержений) и глубин (только для землетрясений). Затем строятся координатные линии, вдоль которых изучается миграция сейсмической и вулканической активности. После этого осуществляется пересчет географических координат событий в расстояние вдоль линии l . После этого строятся миграционные цепочки очагов землетрясений и извержений вулканов. Для каждой миграционной цепочки определяется количество формирующих ее событий, продолжительность, протяженность. Миграционные цепочки на плоскостях с осями время t – расстояние l представляют собой хорошо аппроксимируемые линейной функцией ряды данных. Коэффициент наклона рассчитанной по методу наименьших квадратов линии тренда в данных осях имеет смысл производной расстояния по времени, то есть скорости миграции V в км/ч. После выявления миграционных цепочек в различных энергетических диапазонах строятся итоговые таблицы, аккумулирующие все полученные характеристики цепочек миграции сейсмической и вулканической активности.

С помощью описанного метода исследовались особенности пространственно-временного распределения очагов землетрясений и извержений вулканов в пределах окраины Тихого океана (ТО), Альпийско-Гималайского пояса (АГП) и Срединно-Атлантического хребта (САХ).

Особенности энергетического распределения геодинамической активности. Анализ итоговых таблиц с данными о цепочках миграции очагов землетрясений и извержений вулканов

в пределах трех перечисленных регионов показал, что существуют вполне четкие зависимости между средними значениями скоростей миграции V , полученными для каждого энергетического диапазона, и энергетическими характеристиками процесса: M – магнитудой для землетрясений и W – индексом вулканической активности для извержений. Графически эти зависимости изображены на рис. 3.

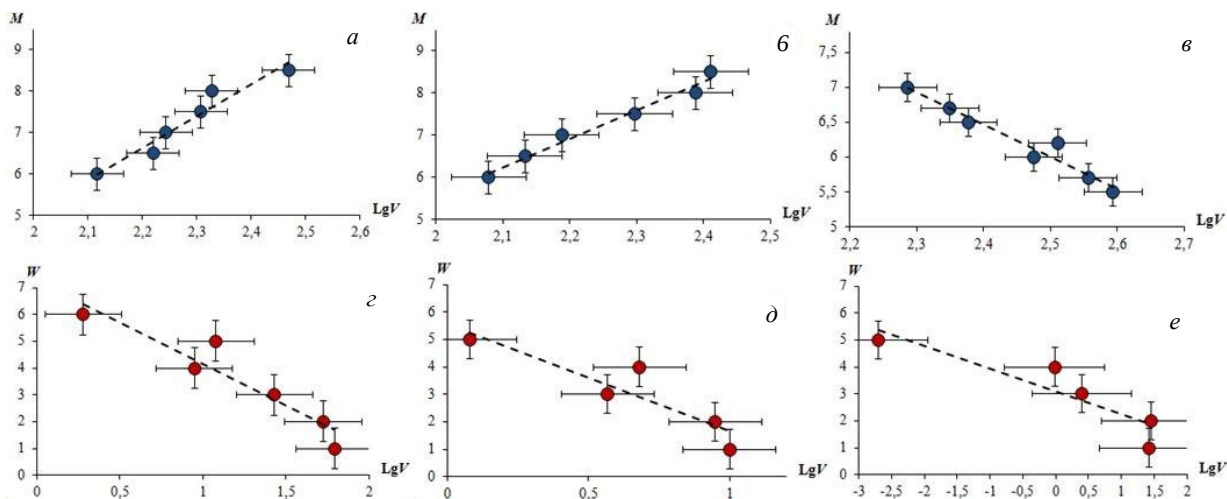


Рис. 3. Зависимости между энергетическими характеристиками M и W и скоростями миграции V очагов землетрясений (а, б, в) и вулканических извержений (г, д, е).
а и г – для окраины Тихого океана; б и д – для Альпийско-Гималайского пояса;
в и е – для Срединно-Атлантического хребта

Значения коэффициентов наклона выявленных зависимостей (параметра p), полученные аналитически методом наименьших квадратов, представлены ниже:

$$M \approx (7,6 \pm 1,0)LgV; \quad M \approx (6,7 \pm 0,5)LgV; \quad M \approx (-4,6 \pm 0,2)LgV \quad (1, \text{ а, б, в})$$

$$W \approx (-3,1 \pm 0,6)LgV; \quad W \approx (-3,9 \pm 1,0)LgV; \quad W \approx (-0,8 \pm 0,2)LgV \quad (1, \text{ г, д, е})$$

Анализ выявленных зависимостей показал, что для регионов с разными тектоническими обстановками «сейсмические» зависимости $M(LgV)$ и $W(LgV)$ (рис. 3) имеют разный характер. Для областей преимущественного сжатия (ТО и АГП) коэффициент наклона зависимости (параметр p) имеет положительное значение (1, а, б), для области преимущественного растяжения (САХ) – отрицательное (1, в). Это позволило авторам выдвинуть предположение о том, что параметр p является чувствительным к тектонической обстановке в регионе. При этом все «вулканические» зависимости имеют отрицательный наклон (1, г – е). По мнению авторов, это можно объяснить тем, что вулканические пояса можно интерпретировать как зоны с преобладающими растягивающими напряжениями, вызванными поднимающейся при извержении из глубин магмой.

Верификация полученных данных. На основании списка сейсмических событий на примере Срединно-Атлантического хребта было создано два искусственных каталога. В первом реальная последовательность дат в каталоге заменялась аналогичной по параметрам случайной последовательностью; во втором каталоге генерировались случайные значения координат событий вдоль осевой линии [22]. Для обоих искусственных каталогов строились миграционные цепочки и итоговые графики зависимостей магнитуды от логарифма скорости. Полученные «искусственные» графики, в отличие от «реального» (1, в), характеризуются малыми значениями коэффициента корреляции (порядка 0,1), отсутствием зависимости между скоростью миграции событий и их магнитудой. Аналогичные выводы можно сформулировать и относительно остальных зависимостей (1, а – е). Это может являться подтверждением того, что выявленные с помощью метода ИМСИВА зависимости между скоростями миграции и энергетическими характеристиками процессов (M , W) (1) являются не случайными «артефактами», а отражают реальные временные, пространственные и энергетические свойства геодинамического процесса и являются достаточно «чувствительными» к геодинамической обстановке в активных поясах и вблизи них.

Волновая модель геодинамического процесса

Обращают на себя внимание следующие особенности в распределении значений коэффициентов «наклона» p : сумма значений наклонов всех сейсмических (1, $a - e$) и вулканических (1, $z - e$) зависимостей с учетом точности их определения Δp_i близка нулю:

$$\sum_{i=1}^3 p_{M,i} + \sum_{i=1}^3 p_{W,i} \pm 6\Delta p = 1,9(\pm 3,5) \approx 0,$$

при примерно равных по модулю средних «положительных» $p_+ = \{p_{M1,2} > 0\}$ и «отрицательных» $p_- = \{p_{W1,2,3,M3} < 0\}$ их значениях:

$$p_+ = +14,3 \pm 1,5; \quad p_- = -12,4 \pm 2,0; \quad |p_+| \approx |p_-|. \quad (2)$$

Такое разбиение коэффициентов p , «чувствительных» к геодинамической обстановке в регионе, то есть к направлению течения процесса (сжатию или растяжению), на две примерно равнозначные совокупности p_+ и p_- , которые в сумме «компенсируют» друг друга (2), можно интерпретировать как векторную сохраняющуюся величину.

Для вращающейся геосреды построена ротационная модель сейсмотектонического процесса в пределах окраины Тихого океана [2, 23], движение блоков в которой определяется уравнением sin-Гордона (СГ):

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} = \sin \theta \quad (3)$$

Уравнение СГ имеет решение в виде бегущей волны ($\theta(\xi - v\eta)$):

$$\theta = 4 \arctg[\exp(\pm \gamma(z - z_0 - vt))], \quad \gamma = (1 - v^2/c_0^2)^{\frac{1}{2}}, \quad c_0^2 = \frac{3\sqrt{15}}{8\pi^2} \sqrt{\frac{G}{\rho}} \Omega R_0, \quad (4)$$

где v – скорость распространения уединенной волны деформации (поворота), Ω – угловая скорость вращения Земли, ρ , G – плотность и модуль сдвига геосреды, R_0 – размер блока, c_0 – предельная скорость геодинамического процесса. Решение уравнения СГ (4) называется односолитонным.

Известно, что солитоны ведут себя подобно частицам: при взаимодействии с другими такими возмущениями они не разрушаются, а, изменяя фазу, продолжают движение, сохраняя свою структуру неизменной. В рамках ротационной модели геосреды такое «солитонное» свойство геодинамических возмущений позволяет описывать миграцию сейсмической и вулканической активности в виде волнового процесса со свойствами дальнего действия [24].

Как было сказано выше, геодинамический параметр p может быть интерпретирован как векторная сохраняющаяся величина. Физическим аналогом такой величины в рамках концепции блоковой геосреды [2, 23, 25] и волновой модели геодинамического процесса может быть момент импульса, на существование которого и указывает наличие сохраняющейся величины p .

В солитонном решении (4) уравнения (3) можно очевидным образом выделить импульс $\vec{p}$:

$$|\vec{p}| = \frac{|\vec{v}|}{\sqrt{1 - v^2/c_0^2}} = v\gamma,$$

причем вектор $\vec{p}$ будет иметь направление, соответствующее направлению геодинамического процесса (сжатию или растяжению). То есть параметр p в рамках волнового подхода можно интерпретировать как *геодинамический* аналог момента импульса, связанного с поворотными движениями блоков земной коры в пределах и вблизи геодинамически активных зон планеты.

В результате закономерности миграции сейсмической активности вдоль областей сжатия и растяжения можно определить как солитонные решения, соответствующие скоростям миграции, увеличивающимся или уменьшающимся с ростом энергии (магнитуды).

Таким образом, в рамках ротационной концепции блоковой геосреды предложена новая модель волнового геодинамического процесса, протекающего в пределах тектонически активных поясов планеты.

Заключение

В ходе проведенных исследований были получены следующие основные результаты:

1. Построена математическая, основанная на теории марковских последовательностей, модель процесса миграции очагов землетрясений и извержений вулканов в пределах тектонически активных поясов Земли.

2. Разработаны численные методы исследования пространственно-временных закономерностей распределения (миграции) сейсмической и вулканической активности (метод ИМСИВА) и временных закономерностей сейсмического процесса – метод «квазифазовая плоскость».

3. Осуществлена алгоритмическая и программная реализация совокупности используемых вычислительных методик, ориентированная на кратковременные компьютерные расчеты, что позволяет использовать обычные пользовательские вычислительные ресурсы для решения рассматриваемых в исследовании геодинамических задач.

Предложенная модель и разработанные методы и программы позволили получить данные, объясняющие имеющиеся данные о закономерностях временного, пространственно-временного (миграции) и энергетического распределений сейсмической и вулканической активности в пределах тектонически активных поясов Земли.

4. Предложена геофизическая модель движения геологической среды, в основе которой заложены выявленные авторами закономерности миграции сейсмической и вулканической активности и сформулированные на их основе представления о векторной сохраняющейся геодинамической величине, физическим аналогом которой может являться момент импульса.

Авторы выражают благодарность рецензенту А.Н. Кролевцу, чьи замечания способствовали улучшению статьи.

Литература

1. Николаевский В.Н. Математическое моделирование уединенных деформационных и сейсмических волн // Доклады РАН. – 1995. – Т. 341, № 3. – С. 403–405.
2. Викулин А.В. Физика волнового сейсмического процесса. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2003. – 151 с.
3. Быков В.Г. Деформационные волны земли: Концепция, наблюдения и модели // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 46, № 11. – С. 1176–1190.
4. Пейве А.В. Тектоника и магматизм // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1961. – № 3. – С. 36–54.
5. Николаев А.В. Проблемы нелинейной сейсмологии. – М.: Наука, 1987. – С. 5–20.
6. Садовский М.А. Избранные труды: геофизика и физика взрыва. – М.: Наука, 2004. – 440 с.
7. Викулин А.В., Иванчин А.Г. О современной концепции блочно-иерархического строения геосреды и некоторых ее следствиях в области наук о Земле // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – № 3. – С. 67–84.
8. Каталог сейсмических и вулканических событий / А.В. Викулин, И.В. Мелекесцев, Д.Р. Акманова и др. // База данных № гос. рег. 2014620569 от 17.04.2014.
9. Долгая А.А., Лобанов Е.Ю. Информационно-вычислительная система «EQV» // Программа для ЭВМ № гос. рег. 2014610119 от 09.01.2014.
10. StatSoft, Inc. Электронный учебник по статистике. – М.: StatSoft, 2012. – URL: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (дата обращения: 01.10.2016).
11. Витязев В.В. Спектрально-корреляционный анализ равномерных временных рядов. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2001. – 48 с.
12. Долгая А.А., Анкваб А.А. Информационно-вычислительная система «Периодичность» // Программа для ЭВМ № гос. рег. 2013661747 от 16.12.2013.
13. Геология, медицина и социум / А.В. Викулин, И.Ф. Вольфсон, Л.А. Грачев и др. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2015. – № 1. – Вып. 25. – С. 231–245.

14. Долгая А.А., Николаев А.Н. Информационно-вычислительная система «Квазипериодичность» // Программа для ЭВМ № гос. рег. 2013661748 от 16.12.2013.
15. Захаров В.С. Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. – М., 2014. – 35 с.
16. Внешние воздействия – стрессы – заболеваемость / В.А. Черешнев, А.Г. Гамбурцев, А.В. Сигачев и др.; Ред. В.А. Черешнев. – М.: Наука, 2016. – 168 с.
17. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. – М.: Сов. радио, 1977. – 488 с.
18. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 2001. – 343 с.
19. Долгая А.А., Викулин А.В., Акманова Д.Р. Исследование временных закономерностей распределения сейсмических и вулканических событий // Современная тектонофизика. Методы и результаты: материалы третьей молодежной школы-семинара. – М.: ИФЗ, 2013. – Т. 1. – С. 86-93.
20. Информационно-вычислительная система моделирования сейсмического и вулканического процессов как основа изучения волновых геодинамических явлений / А.В. Викулин, И.В. Мелекесцев, Д.Р. Акманова и др. // Вычислительные технологии. – 2012. – Т. 17. – № 3. – С. 34-54.
21. Migration of seismic and volcanic activity as display of wave geodynamic process / A.V. Vikulin, D.R. Akmanova, S.A. Vikulina, A.A. Dolgaya // Geodynamics & Tectonophysics. – 2012. – V. 3, № 1. – P. 1-18.
22. Долгая А.А., Викулин А.В., Герус А.И. Моделирование пространственно-временных закономерностей геодинамического процесса методом ИМСИВА // Вулканизм и связанные с ним процессы: материалы XVIII ежегодной научной конференции, посвященной Дню вулканолога. – Петропавловск-Камчатский, 2015. – С. 132-137.
23. Викулин А.В., Быков В.Г., Лунова М.Н. Нелинейные волны деформации в ротационной модели сейсмического процесса // Вычислительные технологии. – 2000. – Т. 5. – № 1. – С. 31-39.
24. О волновых и реидных свойствах земной коры / А.В. Викулин, Х.Ф. Махмудов, А.Г. Иванчин и др. // Физика твердого тела. – 2016. – Т. 58, № 3. – С. 547-557.
25. Викулин А.В., Иванчин А.Г. О современной концепции блочно-иерархического строения геосреды и некоторых ее следствиях в области наук о Земле // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – № 3. – С. 67-84.

Информация об авторах Information about authors

Долгая Анна Андреевна – Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН; 683006, Россия, Петропавловск-Камчатский; научный сотрудник лаборатории геодинамики и геофизики; Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший преподаватель кафедры информационных систем; ann-dolgaya@yandex.ru

Dolgaya Anna Andreevna – Institute of Volcanology and Seismology of Far Eastern Branch of Russian Academy of Science; 683006, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Researcher of Geodynamics and Geophysics Laboratory; Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Lecturer of Information Systems Chair; ann-dolgaya@yandex.ru

Викулин Александр Васильевич – Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН; 683006, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геодинамики и геофизики; Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; профессор кафедры информационных систем; vik@kscnet.ru

Vikulin Aleksandr Vasilevich – Institute of Volcanology and Seismology of Far Eastern Branch of Russian Academy of Science; 683006, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Leading Researcher of Geodynamics and Geophysics Laboratory; Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of Information Systems Chair; vik@kscnet.ru

Герус Артем Игоревич – Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН; 683006, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший лаборант лаборатории геодинамики и геофизики; Камчатский государственный университет им. В. Беринга; 683032, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант; gerus@kscnet.ru

Gerus Artyom Igorevich – Institute of Volcanology and Seismology of Far Eastern Branch of Russian Academy of Science; 683006, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Laboratory Assistant of Geodynamics and Geophysics Laboratory; Vitus Bering Kamchatka State University; 683032, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; gerus@kscnet.ru

УДК 621.313.333 + 629.5

А.А. Марченко, С.Ю. Труднев**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА
ИСКУССТВЕННОГО НАГРУЖЕНИЯ СУДОВЫХ
АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

В данной статье представлены результаты экспериментов по нагружению асинхронных электродвигателей в реальных условиях.

Авторами были разработаны компьютерные модели, адекватность которых была проверена в номинальном режиме путем сравнения параметров модели и номинальных параметров электродвигателя, представленных в паспортных данных. Проблема компьютерного моделирования заключается в отсутствии возможности учета всех электромеханических процессов электрической машины, одним из которых является рекуперация электрической энергии. Для получения уточненных параметров процесса искусственного нагружения была спроектирована и собрана лабораторная установка с возможностью отдачи электрической энергии в сеть.

Экспериментальные исследования процесса искусственного нагружения подтверждают получение тока и момента асинхронного электродвигателя, равных номинальным значениям, что свидетельствует о возможности проводить испытания без механической нагрузки на валу машины.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, мощность, режим противовключения, номинальный ток, рекуперативное торможение, момент, коммутация, частота напряжения.

A.A. Marchenko, S.Y. Trudnev**PILOT STUDIES ON THE PROCESS OF ARTIFICIAL LOADING
OF SHIP INDUCTION MOTORS**

The results of experiments to load induction motors under operational conditions are presented in this article.

The authors have developed computer models. Their adequacy has been checked under the nominal conditions by the comparison of the model parameters and electric motor ratings. The problem of computer modeling is the lack of possibility to account all electromechanical processes of the electrical machine, one of which is the recovery of electric energy. For obtaining the specified parameters of the process of artificial loading the laboratory machine which is suitable for transmitting electric power to the mains has been designed and assembled.

Pilot studies of the process of artificial loading confirm obtaining current and torque of the induction motor which are equal to the ratings. It demonstrates the possibility to carry out tests without mechanical loading on the machine shaft.

Key words: induction motor, power, reverse mode, rated current, regenerative braking, torque, switching, frequency.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-16-22

Одним из этапов процесса диагностирования технического состояния электрических машин является испытание асинхронных электродвигателей после ремонта. В настоящее время испытание электрических машин является важной задачей, так как введение этого этапа в программу диагностирования технического состояния позволяет получить полную оценку технического состояния электрических машин.

В настоящее время на крупных судоремонтных предприятиях используются специальные станции для испытаний электрических машин. Эти многофункциональные устройства не получили распространения в судоремонтных цехах небольших предприятий из-за высокой стоимости. В данных условиях чаще всего используются стенды с ограниченными возможностями, позволяющие проводить испытания электродвигателей только на холостом ходу. Работа электродвигателя в составе электропривода отличается возникновением нагрузочного тока и момента, поэтому проверка электрических машин под нагрузкой в лабораторных условиях позволяет определить параметры работы машины без риска возникновения неисправности на судне [1].

Разнообразие электродвигателей требует использования сложного оборудования для испытаний машин, а специализированные диагностические стенды не нашли применения из-за высокой стоимости и сложности в эксплуатации. В настоящее время необходимо упрощение процесса нагружения, что повлечет за собой снижение стоимости такого оборудования. Улучшение надежности системы возможно получить путем перехода от механического соединения электродвигателя и стенда к электрическому.

Возможным решением является применение частотных методов диагностирования электродвигателей переменного тока. Известно, что изменение частоты питающего напряжения асинхронного электродвигателя напрямую влияет на его скорость, в то же время резкое снижение частоты приводит к возникновению обратного момента, который является эквивалентом нагрузочного [2].

Для подтверждения данной теории проводились исследования при помощи моделирования разработанной системы в Sympower systems [3]. Компьютерные модели проходили проверку на соответствие номинальным режимам работы. Для этого проводилось сравнение полученных и паспортных параметров моделируемых машин. Для более точного подтверждения представленной гипотезы проводилось сравнение некоторых параметров процесса нагружения на компьютерных моделях и реальных установках.

Проверка электродвигателей в реальных условиях предполагает разработку лабораторного стенда и получение экспериментального подтверждения предложенного метода искусственного нагружения АД [4].

На рис. 1 представлена структурная схема стенда для испытаний асинхронных электродвигателей.

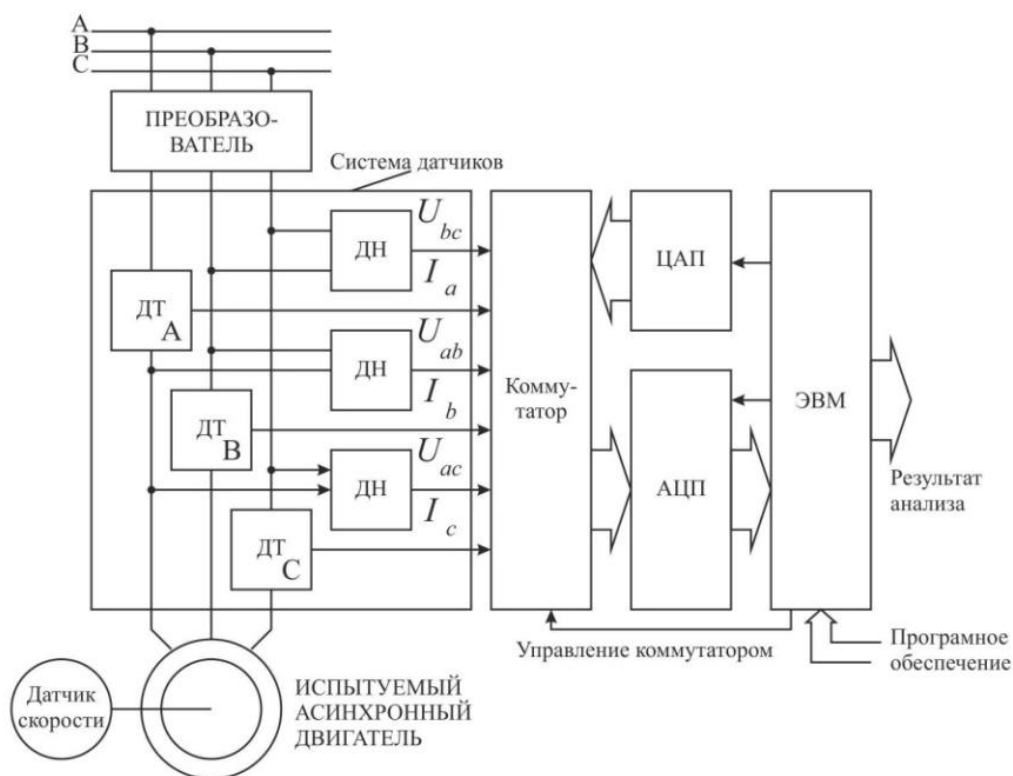


Рис. 1. Структурная схема стенда для испытаний асинхронных электродвигателей

Для измерения параметров процесса испытаний АД использована измерительная система испытательного стенда с системой датчиков и передачей сигнала к коммутатору. Для получения результатов анализа измерений предусмотрено применение ЭВМ с АЦП и ЦАП.

На рис. 2 приведена фотография экспериментального стенда с применением частотного преобразователя.

В представленной модели применен частотный преобразователь UNI1401SP мощностью 3 кВт без возможности рекуперации электрической энергии (рис. 2).

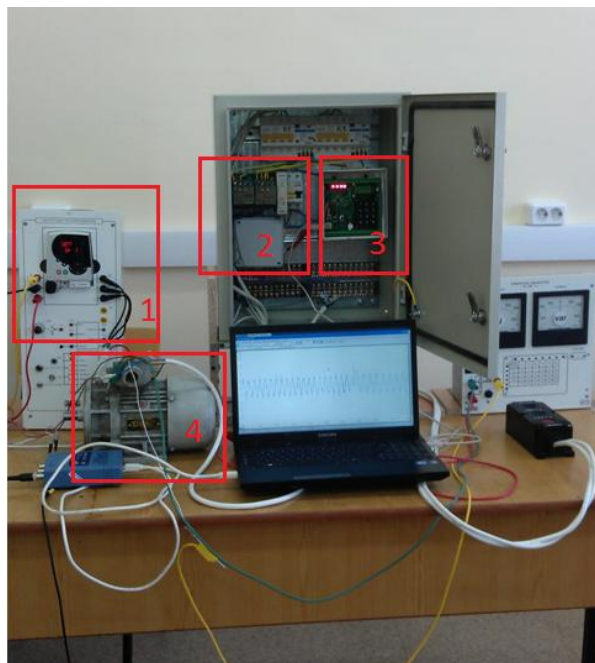


Рис. 2. Экспериментальный стенд для искусственного нагружения АД: 1 – преобразователь частоты; 2 – блок коммутации; 3 – блок управления; 4 – асинхронный электродвигатель

Данная схема имеет достаточно высокий КПД и степень надежности из-за отсутствия механических соединений. В качестве датчиков используется цифровой осциллограф с подключением к ПК. Основной проблемой является затрудненность оценки отдаваемой в сеть электрической энергии при рекуперации [5]. Данный способ испытаний основан на изменении частоты питающего напряжения и введении электродвигателя в циклический динамический режим. При сбросе частоты вращения электродвигателя возникает процесс рекуперативного торможения с отдачей электрической энергии в сеть, для оценки которой требуется построение соответствующей компьютерной модели. В процессе исследований выяснилось, что построение модели, соответствующей стенду с электронным преобразователем, затруднительно, поэтому для оценки отдаваемой в сеть энергии была составлена модель с применением «электромашинного преобразователя». Для подтверждения эффективности предлагаемого метода на реальной установке была использована система, схема которой изображена на рис. 3.

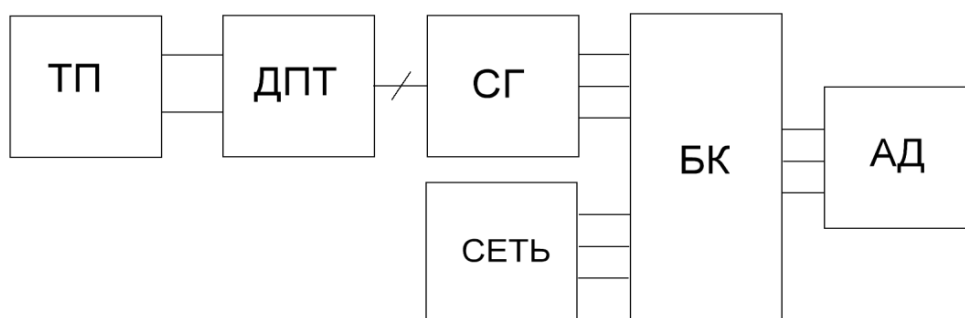


Рис. 3. Структурная схема установки:

ТП – тиристорный преобразователь; ДПТ – двигатель постоянного тока; СГ – синхронный генератор; БК – блок коммутации; АД – асинхронный двигатель

Для оценки отдаваемой в сеть энергии была составлена модель с применением «электромашинного преобразователя», поэтому для подтверждения эффективности предлагаемого метода на реальной установке была использована принципиальная схема, которая изображена на рис. 4.

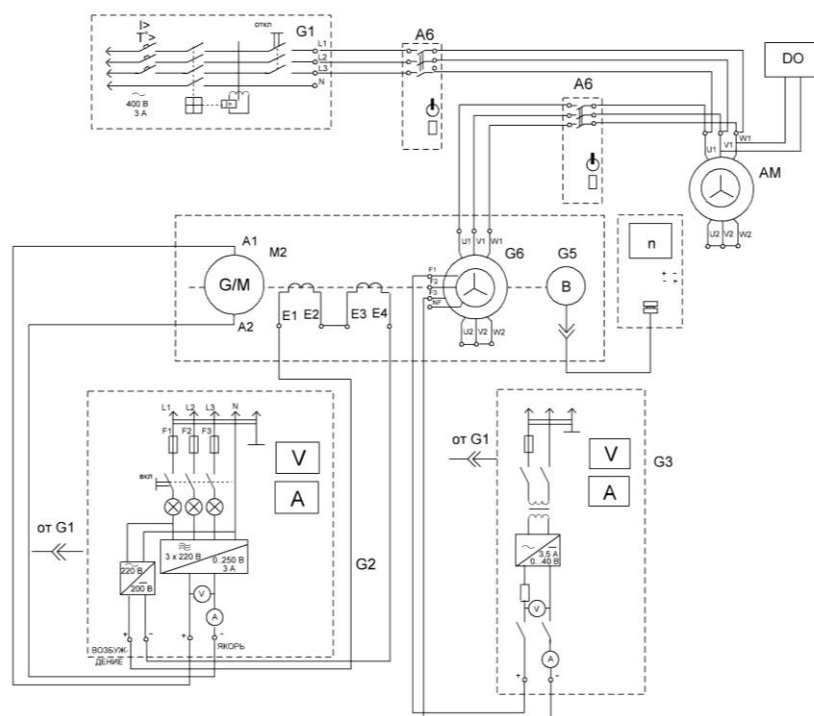


Рис.4. Схема для проведения эксперимента

В табл. 1 приведены обозначения, наименования и параметры элементов лабораторной установки.

Таблица 1

Параметры экспериментальной установки

Обозначение	Наименование	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	~ 400 В / 6 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	-0...250 В / 3 А (якорь) / -200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	-0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	6 вых. каналов / 2500 импульсов за один оборот вала
G6	Машина переменного тока	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110В / 0,25 А (возбуждение)
A6	Трехполюсный выключатель	~ 400 В / 10 А
DO	Цифровой USB-осциллограф АКИП	Частотный диапазон: 0,001 Гц...100 кГц Погрешность ±0,01 Гц Максимальная амплитуда измеряемого напряжения 20 В
AM	Асинхронный электродвигатель	

При помощи источника питания двигателя постоянного тока G2 изменяется напряжение якоря машины постоянного тока M2 и ее частота вращения, а также частота вращения машины переменного тока G6, происходит изменение частоты напряжения. При помощи возбудителя синхронной машины G3 выставляются параметры напряжения машины переменного тока G6 в генераторном режиме. Переключение асинхронного электродвигателя AM с трехфазного источника питания G1 на машину переменного тока G6 производится последовательной работой трехполюсных выключателей A6.

Основным недостатком данного способа является двойное преобразование энергии (переменного тока в постоянный ток, затем в переменный ток регулируемый), что приводит к потерям и снижает КПД системы, возрастают массогабаритные показатели системы, возникает шум и механическая инерционность. Этих недостатков лишены статические преобразователи.

По этим причинам приведенная схема не претендует на промышленный образец, но обладает возможностями, которых нет у полупроводниковых статических преобразователей, главный из которых – простота конструкции, что делает очевидным выбор в пользу системы с использованием электромашинного преобразователя в рамках экспериментального этапа исследования.

Для проверки адекватности созданных в данной работе математических моделей представлены некоторые из результатов моделирования (рис. 5).

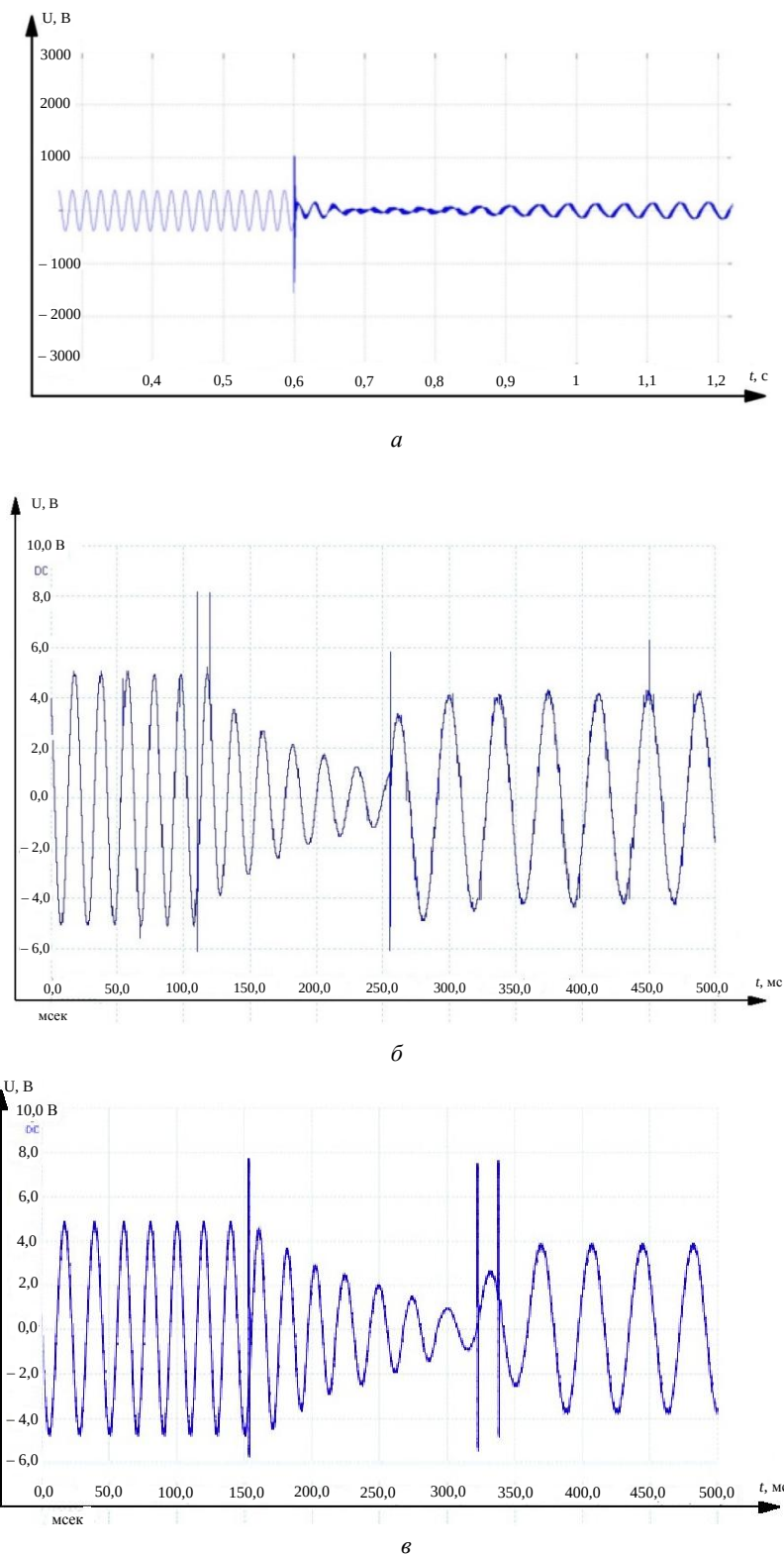


Рис. 5. Результаты проведения эксперимента при помощи:
a – компьютерного моделирования; *б* – электронного ПЧ; *в* – «электромашинного» ПЧ

В момент времени 0,6 с происходит переключение источников питающего напряжения с частоты 50 Гц на источник с частотой 25 Гц.

Наложение двух синусоидальных сигналов происходит на участке приблизительно от 0,6 до 0,85 с, что соответствует длительности переходного процесса около 0,25 с. Далее сигнал принимает форму синусоидального с устанавливающейся частотой 25 Гц.

Небольшое отличие в длительностях переходных процессов и амплитуды напряжения обусловлено неточным регулированием скорости при изменении напряжения на обмотке возбуждения двигателя постоянного тока.

Спарка (электромашинный преобразователь частоты ПЧ) содержит двигатель постоянного тока и синхронный генератор, сочлененные валами с помощью муфты, а также тахогенератор и клеммные колодки.

Некоторые результаты эксперимента, записанные при помощи цифрового осциллографа, представлены на рис. 5, б, в.

В результате проведения эксперимента получены осциллограммы напряжений в процессе ИН при помощи двух видов экспериментальных стендов. Осциллограммы, полученные в ходе натурного эксперимента, весьма схожи с осциллограммами компьютерного эксперимента и имеют максимальный разброс в 20% на участках от 0,11 с до 0,29 с.

Длительность одного цикла процесса нагружения на стенде с использованием «электромашинного» преобразователя частоты совпадает с компьютерным экспериментом. Небольшое отличие амплитуд напряжений до и после коммутации объясняется неучтенными механическими потерями при использовании нескольких соединенных между собой электрических машин. Отличие осциллограмм на рис. 5, а, б обусловлено наличием свойств рекуперации у стенда, схема которого приведена на рис. 1. Полученные результаты свидетельствуют о соответствии работы компьютерной модели реальным процессам нагружения асинхронных двигателей, то есть об адекватности модели реальным физическим процессам.

В результате проведения экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. Для подтверждения адекватности компьютерной модели процесса нагружения электродвигателя переменного тока был спроектирован и создан экспериментальный стенд с использованием полупроводникового преобразователя частоты и компьютеризированного измерительного оборудования. После монтажа разработанного стенда проведены натурные эксперименты по нагружению АД типа 4А80А4.

2. Так как установленный полупроводниковый преобразователь частоты не позволяет осуществлять рекуперацию электрической энергии в сеть, то результаты экспериментов несколько отличаются от результатов моделирования.

В частности, цикл процесса ИН АД более длителен и отличается примерно на 0,5 с, что составляет около 18% от его общей продолжительности.

3. С целью учета отдаваемой в сеть энергии в процессе рекуперативного торможения процесса ИН АД в лаборатории кафедры «Электрооборудование и радиооборудование судов» КамчатГТУ была разработана и собрана установка для испытаний АД.

Схема использует преобразователь частоты, выполненный при помощи двигателя постоянного тока и синхронного генератора на одном валу; для управления преобразователя был использован возбудитель синхронной машины и источник питания двигателя постоянного тока.

В результате экспериментов получены результаты, более близкие к результатам компьютерного моделирования. Различие в длительности процесса составляет примерно 12%.

Литература

1. *Герман-Галкин С.Г.* Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: учеб. пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – С. 233–239.
2. *Вольдек А.И.* Электрические машины: учеб. для высш. техн. заведений. – 3-е изд. – Л.: Энергия, 1978. – С. 510–514.
3. *Марченко А.А., Портнягин Н.Н.* Исследование процесса динамического нагружения асинхронного электродвигателя // *Фундаментальные исследования.* – 2013. – № 1–2. – С. 408–412.

4. *Марченко А.А., Портнягин Н.Н.* Энергоэффективное нагружение асинхронных электродвигателей в процессе послеремонтных испытаний // Вестник Гос. ун-та морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – СПб.: ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова, 2014. – Вып. 6. – С. 76–84.

5. *Марченко А.А., Онищенко О.А., Труднев С.Ю.* Исследование модели асинхронного электродвигателя на возможность нагружения при помощи понижения частоты питающего напряжения // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2014. – Вып. 29. – С. 17–24.

Информация об авторах **Information about authors**

Марченко Алексей Александрович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший преподаватель кафедры электро- и радиооборудования судов; Marchenko29@mail.ru

Marchenko Aleksey Aleksandrovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Lecturer of Electrical and Radio Equipment of Ships Chair; Marchenko29@mail.ru

Труднев Сергей Юрьевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; и. о. декана мореходного факультета; trudnev@mail.ru

Trudnev Sergey Yurevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Acting Dean of Maritime Department; trudnev@mail.ru

УДК 664.951.037.5: 639.27

Э.Н. Ким

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МОРОЖЕНОГО КРАБА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ**

Экспериментально установлено влияние интенсивности ультразвуковой обработки конечностей камчатского краба на скорость насыщения мышечной ткани оксидом фосфора. Показано суммарное воздействие ультразвука и полифосфатов на сохранение водоудерживающей способности мышечной ткани конечностей камчатского краба и сохранение в них витамина В₁₂ и небелкового азота при тепловой обработке сырья. Установлены рациональные параметры обработки ультразвуком промысловых видов дальневосточного краба при использовании полифосфатов. Разработана и апробирована в производственных условиях технология приготовления мороженого краба с использованием полифосфатов и ультразвука.

Ключевые слова: краб, мышечные ткани, полифосфаты, ультразвук, оксид фосфора, водоудерживающая способность, витамины, небелковый азот, выход продукции.

E.N. Kim

TECHNOLOGY OF FROZEN CRAB BASED ON THE USE OF ULTRASONIC TREATMENT

It has been experimentally proved that the effect of ultrasonic processing intensity of Kamchatka crab limbs on the saturation rate of muscle tissue with phosphorus oxide. The total impact of ultrasound and polyphosphates on saving water-holding capacity of limb muscle tissue and also vitamin B₁₂ and nonprotein nitrogen during thermal processing of raw materials is shown. The rational parameters of ultrasonic treatment on king crab species when using polyphosphates are set. Frozen crab technology using polyphosphate and ultrasound is developed and tested under production conditions.

Key words: crab, muscle tissue, polyphosphates, ultrasound, phosphorus oxide, water holding capacity, non-protein nitrogen, yield.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-23-28

Недостаточно обоснованная добыча отдельных объектов промысла в течение длительного периода привела к снижению запасов отдельных объектов промысла в Дальневосточном регионе. К таким объектам относятся дальневосточные крабы, продукция из которых является деликатесной и пользующейся устойчивым спросом как у населения нашей страны, так и за рубежом [1].

Химический состав и структура мышечной ткани краба обуславливают значительные потери межклеточного сока в процессе варки и в итоге приводят к снижению выхода готового продукта и потерям питательных веществ, прежде всего, витаминов и небелкового азота. Для снижения неоправданных потерь при обработке краба используются пищевые добавки, основу которых составляют полифосфаты. Однако наличие панциря обуславливает длительность обработки краба пищевыми добавками, которая достигает нескольких часов [2].

Для интенсификации диффузионных процессов переработки животного и растительного сырья используются различные физические методы; наиболее эффективной для решения указанной проблемы является ультразвуковая обработка, обеспечивающая не только увеличение скорости массообменных процессов, но и решающая в определенной мере проблему угнетения микрофлоры сырья на ранних технологических стадиях [3].

Исходя из этого, целью данной работы являлось обоснование технологии приготовления мороженого краба на основе использования ультразвука при обработке мышечной ткани краба полифосфатами.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- установить зависимость скорости проникновения полифосфатов в мышечную ткань краба от параметров ультразвуковой обработки;
- установить влияние концентрации полифосфатов в мышечной ткани краба на ее водоудерживающую способность;

– исследовать влияние водоудерживающей способности мышечной ткани краба на содержание в ней витаминов и небелкового азота;

– разработать и апробировать технологию мороженого краба с использованием полифосфатов и ультразвука (УЗ) в производственных условиях.

Объектом исследований являлись основные виды промысловых крабов: камчатский, синий, краб-стригун опилио, колючий. В качестве полифосфата использовали натрийтриполифосфат.

Концентрацию полифосфатов в мышечной ткани оценивали по содержанию оксида фосфора фотоколориметрическим методом по ГОСТ 53083-2008, определение ВУС и небелкового азота осуществляли по ГОСТ 7636-85, содержание в полуфабрикате витаминов – по ГОСТ Р 50928-96, ГОСТ 25999-83, ГОСТ 24556-89, ГОСТ Р 52741-2007 и ГОСТ Р 50479-93. Относительную биологическую ценность (ОБЦ) определяли на *Tetrahymena pyriformis* [4].

Для интенсификации обработки конечностей краба полифосфатами конечности камчатского краба после разделки помещали в ванны с раствором натрийтриполифосфата различной концентрации (8, 10 и 12%) и обрабатывали УЗ различной интенсивности в течение 10, 20 и 30 мин. Для лучшей проницаемости полифосфатов конечности прокалывали в местах сочленения. Ультразвуковую обработку осуществляли с помощью ультразвукового генератора УЗГИ1-2,5 с пьезоэлектрическим преобразователем, выходной мощностью 2,5 кВт, рабочей частотой колебаний 22 кГц. Интенсивность УЗ варьировали в диапазоне 2–6 Вт/см², продолжительность – от 10 до 30 мин. Для контроля изготавливали образцы конечностей камчатского краба, обработанные

раствором натрийтриполифосфата, без использования ультразвука.

Результаты исследований показали, что обработка конечностей камчатского краба растворами разной концентрации в выбранном диапазоне при прочих равных условиях практически оказывает незначительное влияние на концентрацию оксида фосфора в мышечной ткани конечностей (рис. 1).

В большей мере скорость насыщения мышечных тканей зависит от интенсивности ультразвука и продолжительности экспозиции конечностей краба в растворах натрийтриполифосфата. При этом скорость диффузии натрийтриполифосфата при обработке ультразвуком увеличивается в 2–5 раз по сравнению с опытами, в которых ультразвук не использовался.

С физико-химической точки зрения проникновение натрийтриполифосфата обусловлено диффузионно-осмотическими процессами. Причиной диффузии является тепловое движение

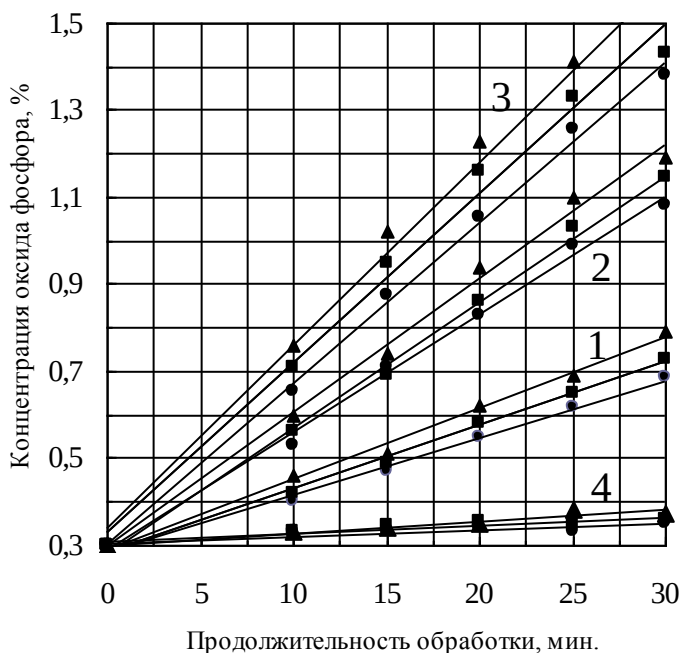


Рис. 1. Концентрация оксида фосфора в мышечных тканях камчатского краба при обработке растворами натрийтриполифосфата с концентрацией ● – 8 %, ■ – 10 %, ▲ – 12 % и интенсивности ультразвука 1 – 2 Вт/см²; 2 – 4 Вт/см²; 3 – 6 Вт/см², 4 – без ультразвука

частиц, которые перемещаются из зон больших концентраций в зоны меньших концентраций. При этом диффузия пропорциональна градиенту концентрации и времени. Осмос обусловлен наличием полупроницаемых перегородок, например клеточных оболочек. В этом случае наблюдается перемещение растворителя в раствор, например выделение клеточного сока. Под воздействием УЗ уменьшается динамическая вязкость полярных жидкостей; микротрещины и поры, имеющиеся в твердой фазе, разветвляются, увеличиваются их размеры и глубина. Кроме того, обработка жидкости УЗ приводит к турбулизации микропотоков, а затем и срыву вихрей. При возникновении ультразвукового переменного давления ($\pm 5 \times 10^5$ Па) в жидкости, находящейся в трещине, создаются колебательные тангенциальные смещения микрообъемов жидкости вдоль стенок, которые переходят в однонаправленное движение жидкости. Молекулярная диффузия практически сменяется достаточно быстрым конвективным массопереносом [5, 6].

Обработка экспериментальных данных позволила вывести уравнение, описывающее зависимость ВУС мышечной ткани камчатского краба от интенсивности УЗ, концентрации раствора натрийтриполифосфата и продолжительности обработки:

$$ВУС_{P_2O_5}^{УЗ} = -0,43 + 0,02c + 0,027\tau + 0,133I, \quad (1)$$

где c – концентрация раствора натрийтриполифосфата, %; τ – продолжительность обработки мяса краба, мин; I – интенсивность УЗ, Вт/см².

Насыщение мышечных тканей оксидом фосфора после обработки конечностей камчатского краба УЗ в растворе натрийтриполифосфата с концентрацией 8, 10 и 12% приводит к увеличению ВУС мышечных тканей (рис. 2). Аппроксимация экспериментальных данных показала, что концентрация раствора натрий-триполифосфата в растворе практически не оказывает влияния на ВУС мышечной ткани камчатского краба (рис. 1, прямая 1).

При одинаковом содержании оксида фосфора в мышечной ткани камчатского краба ВУС в случае обработки УЗ несколько ниже этого показателя без обработки УЗ. Объясняется это тем, что при прохождении ультразвука даже небольшой интенсивности 1 Вт/см² в тканях животного происхождения в результате значительных ускорений частиц возникает ряд механических и физико-химических явлений, в первую очередь разрыв фибрилл ткани (при поперечном движении ультразвуковой волны), вследствие чего образуются пустоты. Часть осмотически связанной влаги переходит в механически связанную. Происходит частичное механическое разрушение волокон мышечной и соединительной тканей, создаются благоприятные условия для действия ферментов мяса и ускорения химических процессов в тканях [5, 6].

Для сравнения на рис. 2 приведены результаты обработки конечностей камчатского краба в растворах полифосфата без использования УЗ (рис. 2, прямая 2).

В целом обработка конечностей камчатского краба ультразвуком незначительно снижает ВУС мышечной ткани по сравнению с образцами, содержащими такое количество оксида фосфора, но не обработанных ультразвуком. Разница ВУС составляет не более чем на 0,5%, что сравнимо с ошибкой эксперимента.

Указанные закономерности влияния концентрации оксида фосфора в мышечной ткани конечностей камчатского краба и обработки ультразвуком на ее водоудерживающую способность формализованы в виде уравнений:

для ВУС после обработки УЗ и натрийтриполифосфатом

$$ВУС_{см}^{УЗ} = 76,57 + 4,737c_{P_2O_5}, \quad (2)$$

для ВУС после обработки натрийтриполифосфатом без УЗ

$$ВУС_{см} = 76,77 + 5,299c_{P_2O_5}, \quad (3)$$

где $c_{P_2O_5}$ – содержание оксида фосфора в мышечной ткани конечностей краба после обработки УЗ и натрийтриполифосфатом.

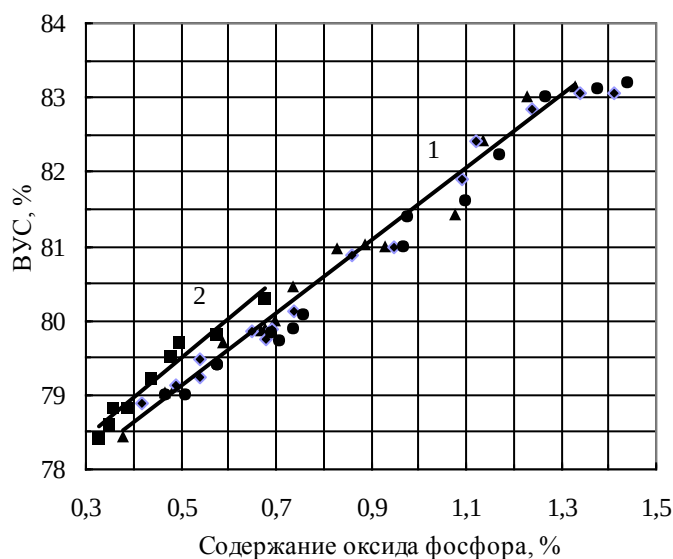


Рис. 2. Зависимость ВУС мышечной ткани конечностей камчатского краба, обработанного натрийтриполифосфатом с использованием УЗ (1) и без использования УЗ (2), при концентрации раствора натрийтриполифосфата 8 (▲), 10 (■) и 12 (●) %

Снижение ВУС мышечной ткани приводит к потерям свободной влаги и растворенных в ней питательных веществ – витаминов и азотистых экстрактивных веществ [2, 3]. Обработка конечностей камчатского краба полифосфатами и УЗ приводит к увеличению ВУС мышечных тканей, тем самым обеспечивая снижение потерь питательных веществ. Анализ содержания витамина В₁₂ и НБА в образцах вареного мяса камчатского краба, обработанного натрийтриполифосфатом и УЗ, позволил установить математическую зависимость их содержания от ВУС мышечной ткани:

$$Y_{B_{12}} = 3,38BUC_{\text{эм}}^{УЗ} - 166,93, \quad (4)$$

$$Y_{НБА} = 5,79BUC_{\text{эм}}^{УЗ} - 254,57, \quad (5)$$

где $BUC_{\text{эм}}^{УЗ}$ – ВУС мышечной ткани конечностей камчатского краба после обработки ПД и УЗ, варки, замораживания и размораживания, %.

Органолептическая оценка экспериментальных образцов, обработанных ПД и УЗ, после размораживания показала, что при достижении концентрации оксида фосфора 0,8% и выше образцы приобретают неприятные посторонние оттенки запаха и вкуса. Исходя из этого, насыщение мышечной ткани краба должно иметь соответствующие ограничения.

Таким образом, установлено положительное влияние УЗ обработки конечностей камчатского краба. Учитывая близость химического состава и структурно-механических параметров мышечной ткани промысловых видов краба, обработка полифосфатами и УЗ рекомендована для других видов производства мороженого краба из дальневосточных видов.

Для определения рациональных параметров обработки сырья полифосфатами и УЗ в соответствии с математическим планом эксперимента изготавливали ряд образцов мороженой продукции. Интенсивность УЗ составляла 2 Вт/см², продолжительность – от 10 до 30 мин. В качестве полифосфата использовали пищевую добавку «Пескаплюс 10» фирмы «БК Джулини», основу которой составляет натрийтриполифосфат [3].

Концентрацию раствора пищевой добавки регулировали от 8 до 10%. В качестве параметра оптимизации в эксперименте использовали комплексный показатель качества мороженой продукции, который рассчитывался по формуле:

$$Y = \sqrt[i]{\prod Y_i}, \quad (6)$$

где Y_i – частный показатель качества в безразмерных величинах; в качестве частных показателей качества использовали суммарную органолептическую оценку образцов мороженой продукции и выход готовой продукции после дефростации, приведенные к безразмерной величине с помощью функции Харрингтона [7].

Зависимость влияния параметров обработки сырья ПД и УЗ на комплексный показатель качества мороженой продукции из дальневосточных видов краба представлена в виде регрессионного уравнения второго порядка:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + a_{12} X_1 X_2, \quad (7)$$

где X_1 – суммарная органолептическая оценка, баллы; X_2 – выход готовой продукции, %; $a_0, a_1, a_2, a_{11}, a_{22}, a_{12}$ – коэффициенты уравнения регрессии, значения которых представлены в табл. 1.

Значения коэффициентов уравнения для различных видов краба, а также их конечностей, установленные в результате обработки экспериментальных данных, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты уравнения регрессии (7)

Вид краба и вид разделки	Значение коэффициентов уравнения					
	a_0	a_1	a_2	a_{11}	a_{22}	a_{12}
Камчатский краб целый конечности	0,96	−0,082	−0,006	−0,217	−0,002	−0,020
	0,93	−0,102	−0,005	−0,199	−0,001	−0,014

Окончание табл. 1

Вид краба и вид разделки	Значение коэффициентов уравнения					
	a_0	a_1	a_2	a_{11}	a_{22}	a_{12}
Синий краб целый конечности	0,95	–0,040	–0,008	–0,246	–0,002	–0,020
	0,94	–0,018	–0,004	–0,255	–0,002	–0,026
Краб-стригун опилио целый конечности	0,92	0,085	–0,003	–0,289	–0,001	–0,030
	0,92	0,002	–0,005	–0,205	–0,002	–0,025

Математический анализ полученного уравнения (7) с учетом найденных значений коэффициентов позволил определить рациональные параметры технологического процесса (табл. 2).

Таблица 2

Рациональные режимы обработки крабов раствором ПД «Пескаплюс 10» и УЗ

Вид краба и вид разделки	Рациональные режимы		Комплексный показатель качества (У)	
	Концентрация фосфатов в растворе (X_1), %	Время нахождения сырья в растворе (X_2), мин.	расчетный	экспериментальный
Камчатский краб целый конечности	10,0–11,0	17–28	0,800–0,990	0,850–0,990
	11,0–11,5	23–25	0,800–0,990	0,850–0,990
Синий краб целый конечности	11,0–11,5	18–25	0,800–0,990	0,850–0,990
	10,5–11,7	15–25	0,800–0,940	0,850–0,950
Краб-стригун опилио целый конечности	11,0–11,8	13–25	0,800–0,990	0,850–0,990
	11,0–11,5	18–23	0,800–0,980	0,850–0,950

Экспериментальная проверка результатов математического анализа уравнения (7) показала достоверность полученных данных. Комплексный показатель качества образцов продукции, изготовленной при указанных режимах, составлял 0,85–0,99, что соответствует оценке уровня качества «очень хорошо».

Высокая оценка крабовой продукции обусловлена снижением потерь питательных веществ при обработке сырья полифосфатами и ультразвуком. Анализ химического состава мышечной ткани экспериментальных образцов показал, что содержание воды, белка, витамина и небелкового азота составляет:

- для камчатского краба 74,0%, 23,4%, 92,1 мкг/г, 188 мг/%, соответственно;
- для синего краба 73,1%, 24,8%, 89,5 мкг/г, 182 мг/%, соответственно;
- для краба-стригуна опилио 72,6%, 24,8%, 88,5 мкг/г, 183 мг/%, соответственно.

Содержание воды в экспериментальных образцах в целом незначительно превышает значение этого показателя в контрольных образцах, изготовленных по известной технологии без использования пищевых добавок и ультразвука (69,8–73,6%), а содержание белка практически одинаково (23,2–74,9%). В то же время содержание витамина В₁₂ и НБА в экспериментальных образцах заметно выше, чем в контрольных образцах (74,6–87,7 мг/г и 168–174 мг/%, соответственно). Это обусловлено увеличением ВУС мышечной ткани краба при обработке полифосфатами и снижением при варке потерь мышечного сока, содержащего водорастворимые витамины и азотистые экстрактивные вещества, включая свободные аминокислоты и азотистые основания.

Возможное влияние установленного химического состава мяса экспериментальных образцов мороженой продукции из краба, обработанных ПД «Пескаплюс 10» и УЗ, на качество и безопасность готовой продукции оценивали методом биотестирования с использованием реснитчатой инфузории *Tetrahymena pyriformis*.

Первичное микроскопическое исследование всех инокулированных проб образцов позволило установить отсутствие каких-либо изменений в морфологии и снижении подвижности инфу-

зорий. Это показывает, что все исследуемые пробы не обладают токсичностью, являются безвредными для инфузорий и пригодны для их активного размножения.

Результаты сравнительной оценки показали, что общая биологическая ценность мяса экспериментальных образцов, полученных при обработке сырья полифосфатами и ультразвуком, по сравнению со стандартом (молоко) составляла 76–86%, что сопоставимо с аналогичной оценкой контрольных образцов (мясо конечностей мороженого краба, изготовленного по известной технологии) 74–86%.

Результаты выполненных исследований были использованы при разработке и утверждении нормативных документов на продукцию из основных промысловых видов дальневосточного краба: стандарты организации ООО «Амуррыбпром» СТО 9265-005-47167641-2016 «Крабы варено-мороженые (Шантарские)» и СТО 9265-47167641-004-2016 «Крабы сыромороженые».

В рамках промышленной апробации в условиях береговых производственных участков и плавпредприятий ООО «Амуррыбпром» выпущены партии комплектов конечностей сыромороженого краба. Результаты оценки выпущенной продукции дегустационным совещанием и Испытательным центром «Океан» показали соответствие выпущенной продукции требованиям нормативной документации и СанПин 2.3.2.1078-2001.

Литература

1. Яричевская Н.Н., Харенко Е.Н. Анализ пищевой и биологической ценности камчатского краба Охотского и Баренцева морей. – М.: Рыбпром, 2007. – № 3. – С. 44–45.
2. Применение пищевых добавок при производстве варено-мороженого краба / Э.Н. Ким, О.А. Холоша, Н.А. Порошин и др. // Известия ТИНРО. – 2012. – Т. 169. – С. 255–260.
3. Изменение физико-химических показателей варено-мороженого краба при различных способах обработки / Н.Н. Яричевская, Е.Н. Харенко, Л.Ф. Бедина // Хранение и переработка сельхозсырья. – № 6. – 2012. – С. 42–44.
4. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью реснитчатой инфузории тетрахимена пириформис / А.Д. Игнатьев, М.К. Исаев, В.А. Долгов и др. // Вопр. питания. – 1980. – № 2. – С. 70–71.
5. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалуев. – Бийск: Алтайский гос. тех. ун-т, 2010. – 203 с.
6. Семенов И.А., Ульянов Б.А., Кулов Н.Н. Влияние ультразвука на растворение углекислого газа в воде // Теоретические основы химической технологии. – 2011. – Т. 45, № 1. – С. 23–27.
7. Цибизова М.Е., Аверьянова Н.Д. Изучение влияния технологий обработки на показатели качества тестовых масс биокрипсов на основе рыбной белковой массы // Вестник АГТУ: Сер. Рыбное хозяйство. – 2011. – С. 171–178.

Информация об авторе Information about author

Ким Эдуард Николаевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690950, Россия, Владивосток; доктор технических наук, профессор; kiman@mail.ru

Kim Eduard Nikolaevich – Far Eastern State Technical Fisheries University, 690950, Russia, Vladivostok, Doctor of Technical Science; Professor; kiman@mail.ru

УДК 637.3 + 664.955.7 : 639.211.2

А.А. Костенко, И.Н. Ким**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СЫРА ТОФУ
С ДОБАВЛЕНИЕМ ПОЛИНУКЛЕОТИДНОГО КОМПЛЕКСА
ИЗ МОЛОК ЛОСОСЕВЫХ**

В статье представлены результаты исследований по разработке рецептуры соевого сыра с добавлением полинуклеотидного комплекса из молок лососевых рыб. Доказано, что получаемый сыр имеет высокие органолептические показатели, приближенные к традиционному продукту.

Ключевые слова: соевый сыр, полинуклеотидный комплекс, молоки лососевых, органолептические показатели, профилограммы.

A.A. Kostenko, I.N. Kim**PRACTICAL APPLICATION OF THE TECHNOLOGY OF TOFU WITH
THE POLYNUCLEOTIDE SALMON MILT COMPLEX**

This article describes the results of studies on the development of the soy cheese recipe with the addition of the polynucleotide salmon milt complex. It is proved that such cheese has high organoleptic characteristics which are close to the traditional product.

Key words: soy cheese, polynucleotide complex, milt of salmon, organoleptic characteristics, profilograms.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-29-35

Введение

Создание аналогов продуктов питания в современной пищевой промышленности – это не только возможность экономии основного сырья, но и способ регулирования химического состава и свойств продуктов в соответствии с требованиями науки о питании. С помощью таких продуктов планируется улучшить структуру питания различных групп населения, имеющих свои специфические потребности в активных веществах [1, 2].

Расширение возможностей пищевой промышленности дает новые способы создания аналогов пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами [3–5].

Аналоги пищевых продуктов получают, как правило, на основе смесей исходного сырья, используемого для приготовления продукта с растительными или животными компонентами, белками, липидами, минеральными веществами, аминокислотами, витаминами, ароматизаторами [6].

В последнее время исследователи интересуются химическим составом и биологической ценностью молок лососевых рыб, так как они являются ценным пищевым сырьем, благодаря высокому содержанию таких биологически активных соединений, как полиненасыщенные жирные кислоты, нуклеотиды, и привлекают к себе внимание как отечественных, так и зарубежных исследователей. В молоках ряда рыб содержатся витамины В₁₂, В₁, В₂, В₆, РР, С [6].

Известно, что полинуклеотидный комплекс, полученный из молок лососевых, применяют в профилактике и лечении иммунодефицитов, в том числе СПИДа. Разработано несколько методов получения как нативной, так и денатурированной ДНК из молок разных пород рыб. При этом показано, что бактерицидными свойствами обладают аминокислоты, составляющие основу белков молок рыб. Они являются низкомолекулярными основными белками с антимикробными свойствами за счет высокого содержания аргинина (около 70%) [7].

Исходя из всего вышесказанного, задачей нашего исследования стала разработка технологии приготовления соевого сыра тофу с добавлением компонентов из молок лососевых рыб, что поможет увеличить область применения гидробионтов и обогатить получаемые продукты белком.

Материалы и методы

В данной работе нам необходимо было решить несколько задач: исследовать химический состав сырья, разработать технологию получения сыра, исследовать влияние технологических факторов на органолептические свойства готового продукта и его показатели безопасности.

Объектами исследования были:

- мороженые молоки, срок хранения не более 4 месяцев при температуре не выше минус 18°C (ТУ 9267-037-33620410-2004 «Печень и молоки дальневосточных лососевых рыб мороженые»);
- полинуклеотидный комплекс (ПНК) получали из молок лососевых рыб методом, описанным в патенте № 2122856;
- полученный аналог соевого сыра тофу;
- соевый сыр, срок хранения при температуре –4–0°C до 33 сут, а при 0–4°C до 10 сут (ТУ 9146-299-37676459-2014 «Продукты соевые»).

В работе пользовались следующими методами исследований. Определение общего белка проводили методом Кьельдаля – по ГОСТ 23327-78, содержание влаги в исходном сырье и сыре определяли на анализаторе влажности «Эвлас 2» по ТУ 4215.001.35565974, зарегистрированном в Государственном реестре средств измерений под № 10106201, определение *Staphylococcus aureus* проводили по ГОСТ 31746-2012, БГКП – по ГОСТ 31747-2012, бактерии рода *Salmonella* – по ГОСТ 31659-2012, *Listeria monocytogenes* – по ГОСТ 32031-2012, дрожжи и плесневые грибы определяли по ГОСТ 10444.12-88 [8–11], пестициды по МУ 2142, МУК 2482, радионуклиды по ГОСТ Р 54016, МУК 2.6.1.1194.

Органолептическая оценка получаемых продуктов проводилась с помощью профилограмм, при разработке которых учитывали показатели качества, сформированные в процессе изготовления и хранения соевого сыра тофу с добавлением ПНК из молок лососевых.

Баллы органолептической оценки качества получаемого сыра основывались на комплексных показателях качества (внешний вид, запах, вкус, консистенция) по пятибалльной шкале.

Оценка продукта с помощью профильного метода. Результаты исследования изображали графически в виде профилограмм. В зависимости от оцениваемого показателя получали профилограммы внешнего вида, вкуса, запаха и консистенции. При оценке продукции пользовались следующей шкалой для определения выраженности признака (в баллах): выражен интенсивно – 5; выражен существенно – 4; выражен умеренно – 3; выражен слабо – 2; едва заметно – 1; отсутствует – 0.

Результаты и обсуждение

Исследование химического состава молок лососевых рыб показало, что молоки характеризуются высокой концентрацией белка (15–19%) при небольшом содержании липидов (1,7–2,3%). Характерной особенностью молок является повышенное содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) с четырьмя и пятью двойными связями. Содержание ценных макро- и микроэлементов в молоках колеблется от 2–2,3 мг/кг, они представлены такими минеральными веществами, как калий, кальций, магний, натрий, медь, которые участвуют в построении опорных тканей скелета, поддерживают необходимую среду клеток в крови, участвуют в образовании специфических пищеварительных соков и гормонов, способствуют нормальному осуществлению обмена веществ, росту, развитию организма.

Для придания сыру функциональных свойств с помощью обогащения биологически активными веществами (БАВ) и создания более плотной структуры использовали полинуклеотидный комплекс (ПНК) молок лососевых по методу, описанному в патенте РФ № 2122856 [12], так как технология получения ПНК из молок лососевых рыб была упрощена в условиях производства. Химический состав комплекса был следующим: вода – 28,2%; белок – 71,1%; липиды – 0,7%; ДНК от всего белка – 67,2%.

Определение оптимальных параметров получения аналога мягкого сыра.

Первоначально было необходимо определить рациональное количество ПНК из молок для внесения в молочную основу (молоко), при которой качественные показатели готового продукта, прежде всего вкусовые, изменяются незначительно или остаются неизменными.

Исследовалась смесь: белковый соевый сгусток с исходным содержанием воды 95% и ПНК из молок рыб в количестве 10–40% от массы молока. Для контроля эксперимента был взят традиционный соевый сыр тофу.

Соевые бобы очищают от механических примесей, промывают и вымачивают в течение 12–24 ч в пропорции 1 : 2. Затем сливают остатки воды и повторно промывают. Набухшие бобы измельчают до однородной массы и заливают водой в пропорции 1 : 3 и оставляют на 1–3 ч при температуре не более 70°C. Полученное соевое молоко отделяют от жмыха (окары).

Далее соевое молоко кипятят в течение 3–5 мин, затем порционно в горячее молоко вносят коагулянт – 25%-ный раствор лимонной кислоты или 9%-ный раствор уксусной кислоты. Коагулянт добавляют в количестве 5–10% от массы молока и размешивают для равномерного распределения по всему объему. После коагуляции и отделения сыворотки в полученный сгусток добавляют сухой полинуклеотидный комплекс из молок лососевых в количестве 10–40% от массы соевого сгустка и тщательно перемешивают до однородной массы. Полученную смесь оставляют на формование прессованием и для стекания лишней влаги. Зависимость предельного напряжения сдвига сырной массы от дозы внесения ПНК приведена в табл. 1.

Таблица 1

**Зависимость предельного напряжения сдвига сырной массы
от дозы внесения ПНК**

№ п/п	Содержание молок, % от массы молока	Консистенция сырной массы	Величина предельного напряжения сдвига, Па
1	10	Мягкая, мажущая	6,4
2	30	В меру, плотная	9,02
3	40	Мелкозернистая, рассыпается	15,6

На основании полученных результатов, отраженных в табл. 1, можно заключить, что увеличение количества внесения ПНК способствует увеличению предельного напряжения сдвига, сырная масса получается более жесткой и сухой, что не очень хорошо сказывается на реологических свойствах получаемого продукта. Исходя из результатов, приведенных в табл. 1, и известного значения предельного напряжения сдвига в мягком сыре, который варьируется от 5 до 7 Па, можно сделать вывод, что сырная масса с лучшей консистенцией получена при внесении ПНК в количестве 10% от массы смеси.

Результаты исследования показали, что вкус, запах и цвет аналога мягкого сыра при внесении наполнителя в количестве менее 10% от массы соевого продукта, консистенция готового продукта не изменяются, а при внесении в количестве свыше 30% продукт становится слегка неоднородным.

Использование молок свыше 30% нецелесообразно и приводит к негативному изменению структурных и органолептических свойств продукта.

Таким образом, исходя из результатов данного эксперимента, можно сделать вывод, что использование ПНК в качестве дополнительного компонента практически не влияет на вкус и запах, а оказывает значительное влияние на консистенцию готового продукта в зависимости от вносимого количества. Наиболее рациональными является внесение ПНК в количестве до 10%.

Исследование влияния температуры пастеризации на консистенцию молочно-белкового сгустка

При получении сыра тофу температура соевого молока составляла 95–100°C. Получаемое соевое молоко обычно имеет травяной привкус. Для его устранения молоко кипятили 3–5 мин. Затем в горячее молоко добавляют коагулянт порционно, с постоянным перемешиванием для равномерного распределения по всему объему. В качестве коагулянта использовали молочную сыворотку кислотностью 210 °Т.

Органолептическая оценка проводилась с помощью профилограмм, при разработке учитывали показатели качества, сформировавшиеся в процессе изготовления и хранения соевого сыра. Исследования показали, что соевый сыр, изготовленный по обоснованной технологии, обладает высокой степенью приближенности органолептических показателей к традиционному продукту.

Из рис. 1 видно, что полученный соевый сыр значительно приближен к оригиналу по вкусу и запаху. Консистенция соевого сыра с ПНК из молок лососевых также близка к традиционному соевому сыру тофу по эластичности (рис. 2) и по показателю плотности и нежности.

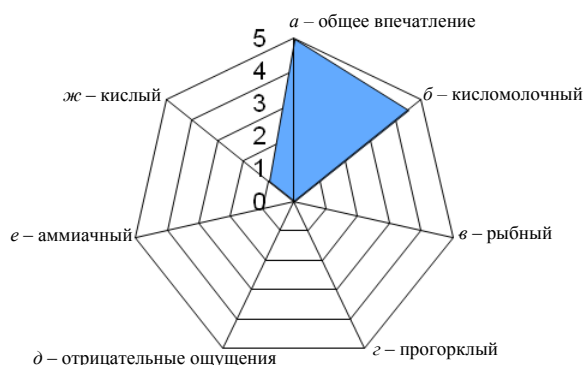


Рис. 1. Профилограмма вкуса и запаха аналога соевого сыра

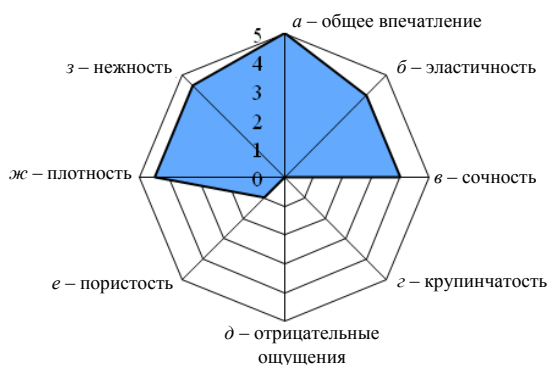


Рис. 2. Профилограмма консистенции аналога соевого сыра

Из рис. 1 видно, что аналог соевого сыра близок к оригинальному продукту по вкусу и запаху, его консистенция соответствует консистенции традиционного соевого сыра тофу.

По результатам исследования традиционный соевый сыр имеет следующий химический состав: вода 83,55%, белок 9,07%, липиды 4,78%, углеводы 1,88%, минеральные вещества 0,72%, тогда как химический состав готового соевого сыра с добавлением ПНК следующий: вода 78,42%, белок 13,24%, липиды 5,77%, углеводы 1,85%, минеральные вещества 0,72%, и ДНК 9,04% (от всего белка). При внесении полинуклеотидного комплекса содержание влаги в конечном продукте снижается, а содержание белка и липидов повышается.

При разработке технологии соевого сыра учитывали, что традиционные сыры характеризуются невысоким содержанием ПНЖК, и возможно несколько регулировать их состав, а также они отличаются небольшим сроком хранения, что усложняет их транспортировку и реализацию.

При разработке технологии мы руководствовались принципами:

- обеспечение готовой продукции высокой пищевой ценностью;
- соответствие разработанного продукта современным гигиеническим требованиям, гарантирующим его безопасность;
- обеспечение микробиологической безопасности в период хранения.

Разработанная технология позволила получить аналог сыра тофу, отвечающий по органолептическим показателям традиционному продукту и соответствующий ему по пищевой ценности, и продлить сроки его хранения по сравнению с традиционным тофу. Данная технология позволяет расширить ассортимент продукции и способы применения молок лососевых рыб.

Технологическая схема изготовления аналога сыра приведена на рис. 3; она была апробирована на ООО «Кировское молоко».

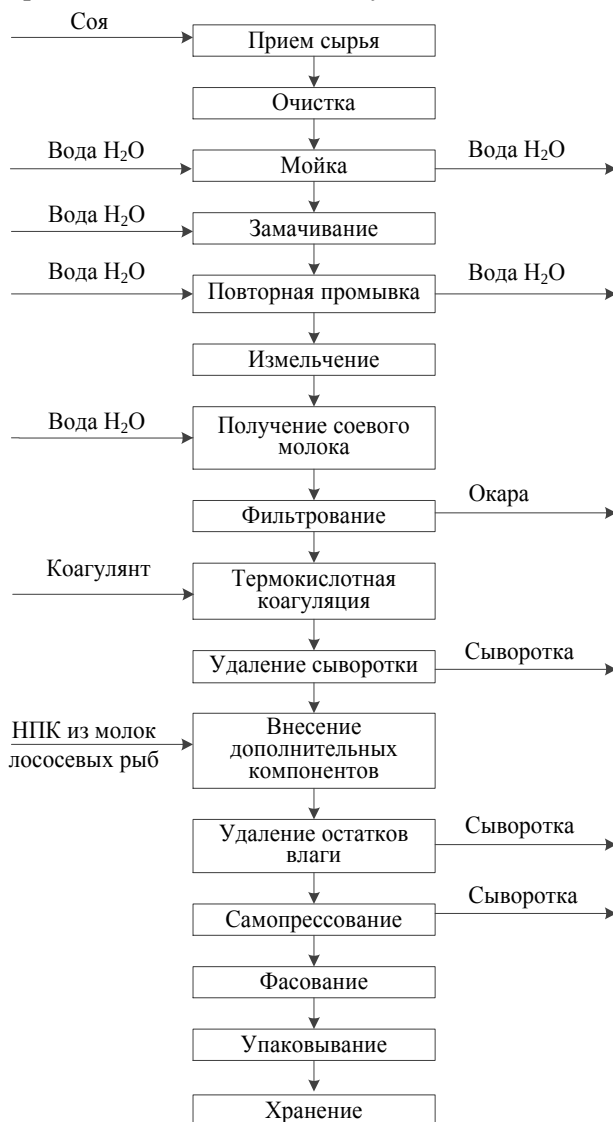


Рис. 3. Технологическая схема производства аналога соевого сыра тофу с использованием ПНК из молок лососевых рыб

Реализация процесса проходила следующим образом. Соевые бобы очищали от механических примесей, промывали и вымачивали в течение 12–24 ч в пропорции 1 : 2. Затем повторно промывали.

Набухшие бобы измельчали до однородной массы, заливали водой в пропорции 1 : 3 и оставляли на 1–3 ч при температуре не более 70°C.

Полученное соевое молоко отделяли от жмыха (окары), отчищенное соевое молоко кипятили в течение 3–5 мин, затем порционно в горячее молоко вносили коагулянт в количестве 5–10% от массы молока и перемешиванием добивались равномерного распределения по всему объему.

Свернувшийся соевый белок отделяется от сыворотки, и в него добавляется полинуклеотидный комплекс из молок лососевых в количестве 10% от массы соевого продукта и тщательно перемешивается до однородной массы. Смесь оставляется на формирование прессованием и для стекания лишней влаги на 2–6 ч. Готовый тофу охлаждается и упаковывается. Хранится продукт при температуре 0–6°C и относительной влажности не выше 75%, не более 5 сут с момента изготовления.

Микробиологические показатели аналога соевого сыра тофу

В соответствии с нормами «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам» [13], подлежащий санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) аналог сыра должен отвечать требованиям безопасности [13].

Соевый сыр тофу с добавлением ПНК из молок лососевых рыб был охлажден до температуры (4±2)°C. В ходе работы определяли микробиологические и органолептические показатели.

Соевый сыр тофу с добавлением ПНК из молок лососевых рыб можно отнести к пункту 1.9.5 СанПиН 2.3.2.1078-01 «Продукты белковые из семян зерновых, зернобобовых и других культур: напитки, в т. ч. сквашенные; тофу и окара» [9].

Сроки проведения эксперимента над пищевым продуктом по продолжительности должны быть больше предполагаемого срока годности, заложенного в нормативных документах. В МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов», при сроках годности до 30 сут установленный коэффициент резерва составляет 1,3 [1, 8].

Результаты микробиологического исследования исследуемого образца соевого сыра тофу с добавлением ПНК из молок лососевых рыб выявляют устойчивость в течение 14 сут хранения и низкую обсемененность микроорганизмами (табл. 2).

Таблица 2

Показатели микробиологической безопасности соевого сыра тофу и добавлением ПНК из молок лососевых рыб

Показатели	Допустимые уровни, мг/кг, не более	Экспериментальные данные, 20-е сут, мг/кг
БГКП (колиформы) в 0,001 г/см ³	0,1*	не обнаружено
патогенные, в т. ч. сальмонеллы в 25 г/см ³	25	не обнаружено
стафилококки S. aureus в 0,001 г/см ³	1,0	не обнаружено
B. cereus	0,1	не обнаружено
КМАФАнМ, КОЕ/см ³ (г), не более	5 × 10 ⁴	4,5 × 10 ⁴
дрожжи, КОЕ/см ³ (г), не более	50	15
плесени, КОЕ/см ³ (г), не более	10	1

Исследование показало, что бактерии группы кишечной палочки, золотистый стафилококк, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, отсутствовали в сыре.

Показатели безопасности соевого сыра тофу

В соответствии с нормами единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), аналог

мягкого сыра должен отвечать требованиям безопасности по содержанию тяжелых металлов (токсичных элементов: свинца, кадмия, мышьяка, ртути, меди, цинка), приведенным в табл. 3.

Таблица 3

Показатели безопасности соевого сыра тофу

Показатели	Допустимые уровни, мг/кг, не более	Содержание в продукте, мг/кг
Токсичные элементы:		
свинец	0,2	0,04
мышьяк	0,2	0,005
кадмий	0,1	0,04
ртуть	0,03	0,006
Микотоксины:		
афлатоксин В ₁	0,005	0,0001
Пестициды*:		
ГХЦГ (α, β, γ - изомеры)	0,1	0,03
ДДТ и его метаболиты	0,01	0,002
Ртутьорганические пестициды	недопустимы	
Радионуклиды:		
Цезий-137	130	25
Стронций-90	80	14

Результаты микробиологического исследования показали, что в сырье КМАФАнМ не превышает установленного норматива для данного продукта.

Бактерии группы кишечной палочки, золотистый стафилококк, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, отсутствовали во всех образцах аналога мягкого сыра при указанных режимах хранения.

Подобную устойчивость в хранении и невысокую обсемененность микроорганизмами разработанного аналога мягкого сыра можно объяснить правильно подобранным режимом термической обработки, обеспечивающим снижение начальной бактериальной обсемененности продукта.

По результатам проведенных микробиологических исследований можно установить сроки годности для соевого сыра тофу с ПНК из молок лососевых рыб при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 14 сут. В течение данного периода хранения продукт отвечает единым «Санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)» с коэффициентом резерва 1,3.

Заключение

На основании проведенных исследований нами был произведен подбор сырья и вносимого в него компонента: ПНК из молок лососевых рыб содержит незаменимые аминокислоты, такие как метионин, треонин, лейцин, лизин, фенилаланин и валин, что дает основание для его использования в производстве аналогов продуктов, обогащенных необходимыми для организма веществами.

Разработана рецептура аналога соевого сыра тофу. Установлено, что наиболее рациональным процентным соотношением для производства комбинированных сыров с органолептическими показателями, приближенными к традиционному аналогу соевому сыру тофу, является доза внесения ПНК в размере 10% от массы молочной сгустка.

Исследовано влияние технологических факторов на качество сыра и определены основные технологические режимы для производства сыра с высокими органолептическими показателями: температура пастеризации комбинированной смеси $95\text{--}100^\circ\text{C}$, доза вносимого коагулянта $5\text{--}10\%$ от массы молока. Определены сроки хранения аналога соевого сыра тофу с ПНК из молок лососевых рыб при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 14 сут. В течение данного периода хранения продукт отвечает «Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)».

На основании полученных исследований разработан способ получения соевого сыра тофу с внесением ПНК из молок лососевых рыб и получен патент № 2588459 «Способ получения сыра тофу» от 03.06.2015 [14].

Литература

1. Мусина О.Н. Комплексное монографическое исследование «Комбинированные сыры» // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 6. – С. 60–63.
2. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. МР 2.3.1.2432–08.
3. Доморацкий С.С., Курганова Е.В., Совершенствование технологии получения сыра «Тофу» с использованием фермента трансклутаминазы // Научный журнал НИУ ИТМО. – 2013. – № 3 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www/process.inbt.ifmo.ru>
4. Ким И.Н, Костенко А.А. Назаренко Н.В. Оптимизация изготовления аналога мягкого сыра из молок горбуши // Научные труды Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2013. – Т. 30. – С. 123–130.
5. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. МР 2.3.1.2432–08
6. Еделев Д. А., Нечаев А.П., Демидова Т.И. Функциональное питание и перспективные тенденции пищевых технологий // Сб. материалов IX Междунар. науч.-практ. конф. «Технологии и продукты здорового питания и функциональные пищевые продукты» (26–27 ноября 2015). – Саратов, 2015. – С. 31–34.
7. Классен Н.В. Разработка технологий аналога творога и мягкого сыра на основе рыбных фаршей: дис. ... канд. тех. наук. – Владивосток, 2000.
8. МУК 4.2.1847-04. 4.2. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания.
9. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.
10. СанПиН 2.3.2.1324-03. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов.
11. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» ТР ТС 033/2013.
12. Способ получения полинуклеотидного комплекса: пат. РФ № 2122856 / Эпштейн Л.М., Касьяненко Ю.М., Артюков А.А.; заявл. 28.06.1995; опубл. 10.12.1998.
13. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) от 28 мая 2010 г. № 299.
14. Способ получения сыра тофу: пат. РФ № 2588459 / Ким И.Н., Костенко А.А.; заявл. 03.06.2015; опубл. 27.06.2016.

Информация об авторах Information about authors

Костенко Алина Александровна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; помощник заместителя проректора по учебной и научной работе по науке; alya91@bk.ru

Kostenko Alina Aleksandrovna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Assistant of Deputy Vice President for Academic Affairs and Research on Science; alya91@bk.ru

Ким Игорь Николаевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук; заместитель проректора по учебной и научной работе по науке; kimin57@mail.ru

Kim Igor Nikolaevich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Vice Rector for Academic Affairs and Research on Science; kimin57@mail.ru

УДК 664.952 + 593.9

Т.Н. Пивненко, Н.Н. Ковалев, Г.Н. Ким, Ю.М. Позднякова, А.Д. Перцева

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК ИЗ ГОЛОТУРИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ**

Обоснована технология получения из внутренностей голотурий масляного экстракта, содержащего в качестве биологически активных веществ каротиноиды и тритерпеновые гликозиды. Обоснованы режимы ультразвуковой обработки сырья: мощность ультразвукового воздействия, температура, продолжительность процесса. Показана зависимость экстракции биологически активных веществ от параметров процесса. Согласно разработанному методу после гомогенизирования свежих или замороженных внутренностей на них воздействовали ультразвуком с частотой 20–50 Гц, мощностью 250–300 Вт в течение 5–10 минут. Ультразвуковая обработка экстрактов проводилась с помощью прибора IKASONIC U 50. Полученные препараты, обладающие антиоксидантными и иммунозащитными свойствами, предложены в качестве БАД к пище, дополнительного источника каротиноидов, тритерпеновых гликозидов, витамина Е и полиненасыщенных жирных кислот.

Ключевые слова: голотурии, каротиноиды, тритерпеновые гликозиды, ультразвуковая обработка, БАД к пище.

T.N. Pivnenko, N.N. Kovalev, G.N. Kim, Y.M. Pozdnyakova, A.D. Pertzeva

**SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGY OF BIOLOGICALLY ACTIVE
SUPPLEMENTS WITH SEA CUCUMBERS USING ULTRASONIC TREATMENT**

The technology of receiving the oily extract from holothurian internals is founded. The extract contains carotenoids and triterpen glycosides as biologically active agents. Modes of ultrasonic processing of raw materials such as power of ultrasonic effect, temperature, process duration are justified. The dependence of extraction of biologically active agents on the process parameters is shown. According to the developed method after homogenizing fresh or frozen interiors have been treated with ultrasound at 20–50 Hz, 250–300 W for 5–10 minutes. The apparatus IKASONIC U 50 has been used for ultrasonic processing of extracts. The received preparations having antioxidant and immunoprotective properties are offered as a dietary supplement, an additional source of carotenoids, triterpen glycosides, vitamin E and polyunsaturated fatty acids.

Key words: holothurians, carotenoids, triterpen glycosides, ultrasonic treatment, dietary supplement.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-36-43

Введение

Голотурии, или морские огурцы (класс *Holothuroidea*), – класс беспозвоночных животных типа иглокожих. Виды, употребляемые в пищу, – промысловые съедобные голотурии из родов *Holothuria*, *Stichopus*, *Cucumaria*. Наиболее распространены кукумария японская и трепанг дальневосточный. Биологически активные свойства голотурий кукумарии японской *Cucumaria japonica* и трепанга дальневосточного *Apostichopus japonicus* исследованы довольно широко. Основные функциональные компоненты: витамины, минеральные элементы, цереброзиды, пептиды, лектины, гликозаминогликаны и хондроитин сульфаты, а также присущие только этим животным компоненты, такие как сульфатированные полисахариды, 12-метилтетрадеканойковая кислота (12-МТА). Особенный интерес исследователей вызывают тритерпеновые гликозиды – соединения, обладающие широким спектром действия: антимикробным, антиоксидантным, ангиогенным, противовоспалительным, иммуномодулирующим и противоопухолевым [1]. Показано, что антиоксидантными свойствами обладают как продукты, так и экстракты из трепанга [2, 3]. Эти свойства продуктов из голотурий связывают с присутствием тритерпеновых

гликозидов (ТГ), фенольных веществ, пигментов, пептидов [4, 5]. Эффективность лекарственных средств и добавок зависит от технологии обработки, обеспечивающей сохранение нативной структуры компонентов.

Исследованы иммунозащитные свойства препаратов из трепанга, имеются данные по оценке механизмов лечебного действия комплексных экстрактов из трепанга как биостимулятора жизнестойкости макроорганизма при инфекционных процессах. Комплексная характеристика антимикробного действия экстрактов из трепанга по отношению к разным группам микроорганизмов показала их эффективность в условиях прямого контакта с возбудителем. Установлено тормозящее действие комплексных экстрактов на гиперчувствительность немедленного типа и стимулирующее – на гиперчувствительность замедленного типа в процессе развития аллергии. Определены пути биостимуляции защитных сил организма путем введения комплексных экстрактов из трепанга в пищевые продукты и обозначены перспективы их использования в качестве пищевых добавок [3, 6, 7].

Существующие методы получения БАД предусматривают, прежде всего, использование экстракции органическими растворителями, а в пищевой промышленности – этанолом. Недостатками таких технологий являются применение растворителей, остатки которых могут обнаруживаться в конечном продукте, многостадийность и длительность процесса. Применение спирта усложняет технологию и требует соблюдения специальных требований к работе с органическими растворителями. Применение других гидрофобных экстрагентов, таких как жиры рыбного или растительного происхождения, позволяет получить конечные продукты с очень низким содержанием целевых компонентов (каротиноидов и тритерпеновых гликозидов). В последние годы появилось много сообщений об эффективном использовании ультразвука для экстракции биологически активных веществ растительного и животного происхождения (алкалоиды, флавоноиды, сапонины, полисахариды, белки, эссенциальные липиды) [8]. Эффективность ультразвуковой обработки подтверждается увеличением выхода целевых компонентов благодаря дополнительным механическим эффектам акустической кавитации и более глубокому проникновению в сырье экстрагента. Преимуществом использования масляных экстрактов БАВ гидрофобной природы из водно-биологического сырья является повышение их усвояемости в организме, соединение полезных свойств натуральных продуктов из сырья растительного и водного происхождения. Применение таких продуктов позволит получить качественно новый эффект за счет сбалансированного укрепляющего и предохраняющего воздействия компонентов пищевого продукта.

Цель представленной работы – обоснование способов получения масляных экстрактов из внутренних органов голотурий, обладающих биологически активными свойствами, сочетающих антиоксидантную и иммунномодулирующую направленность за счет содержания каротиноидов и тритерпеновых гликозидов.

Материалы и методы

Объектами исследования служили внутренности голотурий – кукумари и трепанга – в свежем или замороженном виде.

Для получения экстракта использовали методы, защищенные патентом RU 2562592 [9]. В качестве экстрагента использовали дезодорированное подсолнечное масло.

По первому методу после гомогенизирования свежих или замороженных внутренностей на них воздействовали ультразвуком с частотой 20–50 Гц, мощностью 250–300 Вт в течение 5–10 мин. Ультразвуковая (УЗ) обработка экстрактов проводилась с помощью прибора IKASONIC U 50 с частотой 20–50 Гц, мощностью 250–300 Вт. Затем гомогенат подкисляли до pH 4,0–5,5, выдерживали 90 мин, нейтрализовали, перемешивали с растительным маслом в соотношении 1 : 5, выдерживали при 55–60°C в течение 3 ч и отделяли масляный экстракт.

Второй способ предусматривал аналогичную обработку сырья до стадии экстракции. Затем гомогенат сушили до влажности 12%, перемешивали с растительным маслом в соотношении 1 : 3, выдерживали 6–10 ч при 55–60°C, масляный экстракт отделяли.

Количество жира, белка и воды определяли по стандартным методам, описанным в ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки, Методы анализа».

Количественное определение каротиноидов проводили на спектрофотометре «UV-2100» (Shimadzu, Япония). Концентрацию каротиноидов рассчитывали по формуле:

$$C \text{ (мг/100 г сырой ткани)} = (A_{450} \cdot V \cdot 100) / 250 \cdot m,$$

где A_{450} – оптическая плотность исследуемого раствора при 450 нм; V – объем экстрагента, мл; m – масса навески сырой ткани, г; 250 – средний удельный коэффициент поглощения каротиноидов, $\text{мл} \cdot \text{см} \cdot \text{мг}^{-1}$.

Содержание тритерпеновых гликозидов определяли с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии [10].

Для исследования биологической активности использовали неинбредных мышей массой 14–16 г, находившихся на стандартной диете в боксированных помещениях с соблюдением правил и международных рекомендаций Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных работах. Мышам из двух опытных групп (8 особей в группе) в течение 21 дня вводили перорально масляный экстракт из голотурий в дозах 50 и 0,5 мкл на мышь. Контрольной группе вводили физраствор. По истечении этого срока отбирали и исследовали внутрибрюшинную жидкость, содержащую нейтрофилы. Для определения антиоксидантной активности использовали плазму крови мышей вышеуказанных групп. Общую антиоксидантную активность плазмы крови (АОА) определяли по величине торможения перекисного окисления липидов в модельной системе, содержащей желточные липопroteиды [11].

Результаты и обсуждение

Использование УЗ обработки животного сырья обеспечивает не только измельчение компонентов, но и активацию химических процессов, увеличение реакционной способности веществ, ускорение процессов растворения, а также позволяет разрушать меж- и внутримолекулярные связи белково-липидных комплексов, что способствует наиболее полному переходу каротиноидов в раствор. Кроме того УЗ обработка позволяет получать стабильные водно-жировые эмульсии, что также важно для создания пищевых продуктов и биологически активных добавок. Процесс растворения в таких условиях является достаточно быстрым и не требует большого расхода реагентов. Однако механо-химическая обработка сопровождается изменением условий реакционной среды, что не всегда благоприятно сказывается на лабильных веществах, к которым относятся каротиноиды. Поэтому важно было выявить рациональные условия УЗ обработки для каждого вида сырья.

Полученные масляные экстракты из внутренностей голотурий представляли собой ярко-желтую или оранжевую жидкость, содержащую сложную смесь, включающую каротиноиды (15–26 мг/100 мл) и тритерпеновые гликозиды (1,3–2,0 мг/мл). Для обоснования условий экстракции использовали изменения количества каротиноидов при различных условиях обработки. При тех же условиях тритерпеновые гликозиды оставались стабильными. В табл. 1 показаны результаты, обосновывающие параметры УЗ обработки (на примере трепанга) при получении масляных экстрактов из внутренностей голотурий. Для внутренностей кукумарии результаты были аналогичными.

Таблица 1

Влияние мощности и времени УЗ воздействия на температуру гомогената и экстракцию каротиноидов из мороженных внутренностей трепанга

Мощность, Вт/см	Время воздействия, мин	Температура гомогената, °C	Концентрация, мг/100 мл
0	10	37	7
200	3	35	7
	5	40	10
	10	44	14
250	3	42	15
	5	45	17
	10	48	17
	15	52	17
300	3	58	15
	5	61	18
	10	72	10
	15	80	8
350	10	86	5
	15	91	2

Показано, что мощность УЗ воздействия влияет на температуру обрабатываемого сырья. Как известно, увеличение температуры более 60°C неблагоприятно для сохранения нативной структуры каротиноидов и усиливает окислительные процессы в жирах. Поэтому при исследовании влияния УЗ воздействия на температуру обрабатываемого сырья подбирали мощность и продолжительность, не вызывающие повышения температуры выше указанного значения. В условиях мощности 250–300 Вт/см в течение 10–5 мин значение температуры не превышало заданных значений, и концентрация экстрагируемых каротиноидов была наиболее высока. Снижение мощности приводило к уменьшению концентрации каротиноидов, а ее увеличение вызывало их частичное разрушение. Снижение времени воздействия до 5 мин и менее приводило к уменьшению концентрации каротиноидов, а увеличение более чем на 10 мин вызывало их разрушение. Обоснование температурно-временных параметров экстракции и соотношения сырье : экстрагент представлено на рис. 1 и 2, соответственно. Исследования касались каротиноидов как наиболее лабильных БАВ данного сырья.

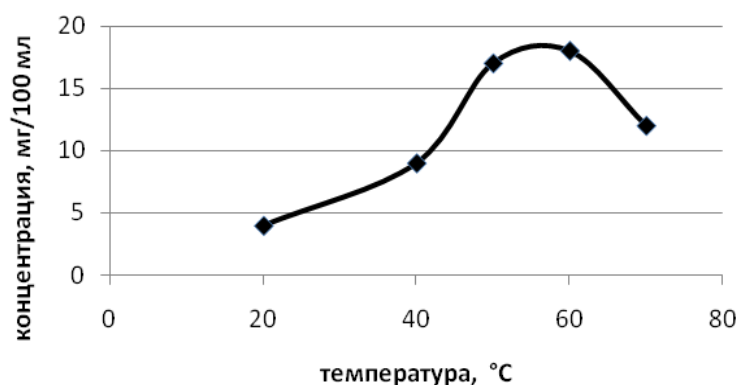


Рис. 1. Зависимость экстракции каротиноидов из мороженных внутренностей голотурий от времени экстракции при мощности УЗ воздействия 259 Вт/см

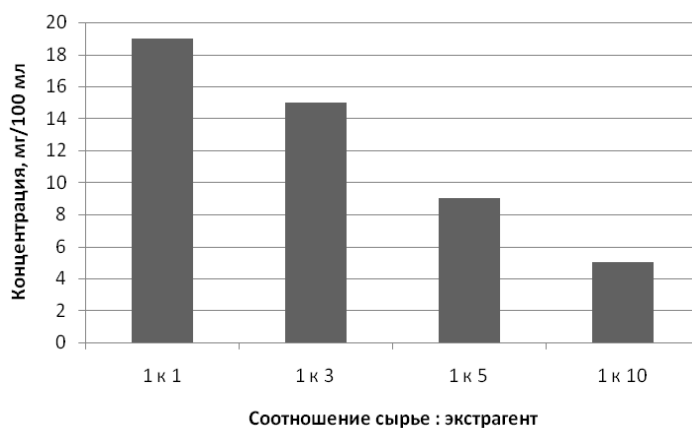


Рис. 2. Зависимость экстракции каротиноидов из мороженных внутренностей голотурий от соотношения сырье: экстрагент при температуре 50°C

При экстрагировании свежих или мороженных внутренностей, благодаря присутствию естественной влаги, образовывалось три фазы: осадок, водно-масляная эмульсия и непосредственно масляный экстракт. Для того чтобы при фильтровании не происходило смешивания водно-масляной фазы и экстракта перед фильтрацией проводили декантацию, при которой наблюдали частичную потерю объема экстракта. При соотношении сырье : экстрагент 1 : 1 концентрация каротиноидов была наибольшей. Однако при отделении экстракта от осадка наблюдали значительную потерю объема экстракта, поскольку большая часть используемого масла оставалась в водно-масляной фазе и осадке. При соотношении 1 : 3 потери были наименьшими, а снижение концентрации компенсировалось увеличением суммарного выхода.

На рис. 3 представлена зависимость экстракции каротиноидов из мороженных внутренностей голотурий от времени экстракции обработанного УЗ сырья.

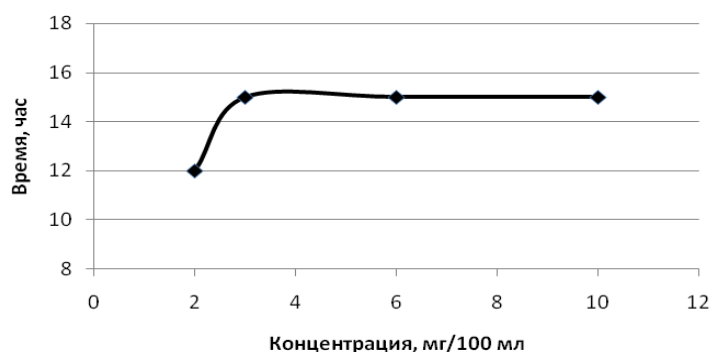


Рис. 3. Зависимость экстракции каротиноидов из мороженных внутренностей голотурий, обработанных УЗ, от времени (соотношение 1 : 3, температура 50°C)

Как следует из данных рис. 3, оптимальное время экстрагирования — 3 ч, увеличение времени экстрагирования не имеет технологического смысла.

При использовании сухих внутренностей проводили сублимирование гомогената после УЗ обработки в вышеуказанных условиях. Далее внутренности экстрагировали растительным маслом в соотношении сырье : экстрагент 1 : 3 при температуре 55–60°C в течение 3–10 ч. При этом образуется две фазы: осадок и экстракт, который легко отделяется фильтрованием. После этого проводили вторичную экстракцию, используя новую порцию сухих внутренностей и полученный первичный экстракт в качестве экстрагента при соотношении сырье : экстрагент 1 : 5 – 1 : 10 при температуре 55–60°C, в течение 3–10 ч. Обоснование таких параметров вытекает из результатов, приведенных на рис. 4–6.

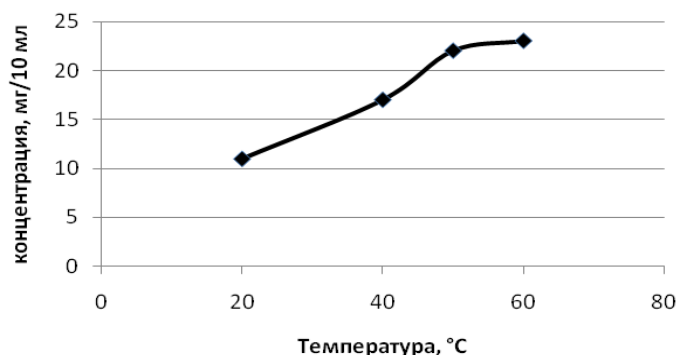


Рис. 4. Зависимость экстракции каротиноидов из сухих внутренностей голотурий от температуры

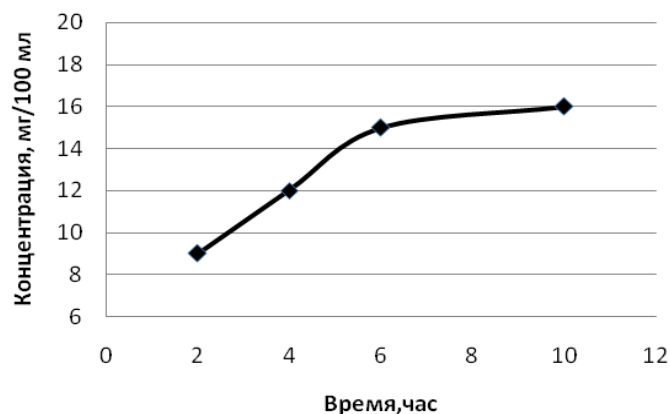


Рис. 5. Зависимость экстракции каротиноидов из сухих внутренностей голотурий от времени первичной экстракции (соотношение 1 : 3, температура 60°C)

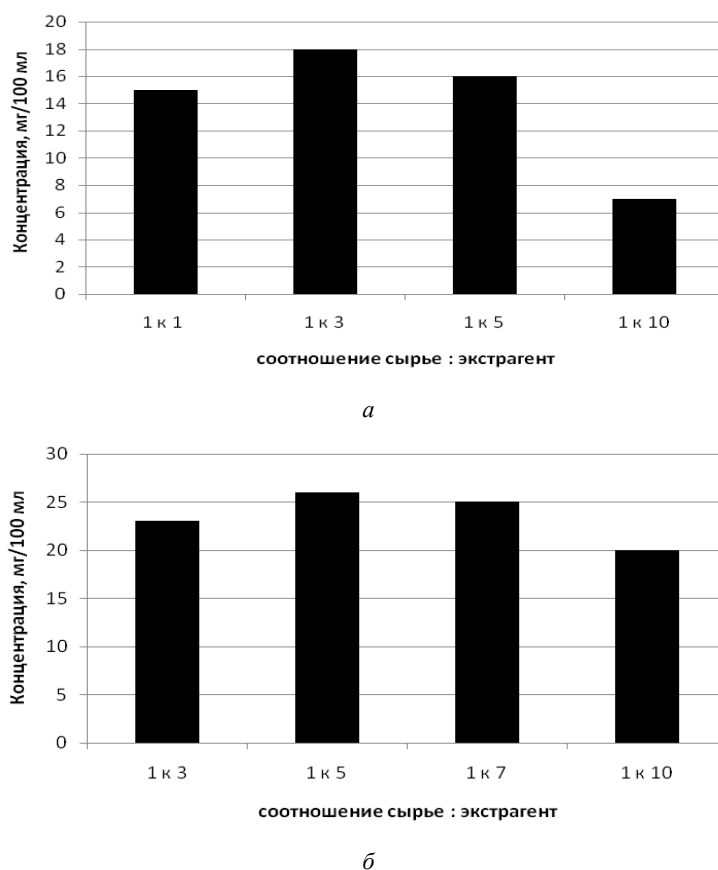


Рис. 6. Зависимость экстракции каротиноидов из сухих внутренностей голотурии от соотношения сырье : экстрагент: а – первичная экстракция; б – вторичная экстракция

Показано, что рационально проводить экстрагирование при температуре экстрагирования 50–60°C, увеличение температуры неблагоприятно для сохранения нативной структуры каротиноидов.

Как следует из данных рис. 4, оптимальное время экстрагирования 6–10 ч, увеличение времени экстрагирования не имеет технологического смысла, снижение времени не обеспечивает максимальной концентрации.

Как следует из данных рис. 5, оптимальные соотношения сырье : экстрагент при использовании сушеных внутренностей при первичной экстракции 1 : 3 и 1 : 5, при вторичной – 1 : 5 и 1 : 7. Увеличение соотношения приводит к некоторому снижению концентрации каротиноидов, однако увеличивает суммарный выход продукта.

Таким образом, разработанная технология позволяет получать из внутренностей голотурий масляные экстракты, содержащие каротиноиды и тритерпеновые гликозиды, проявляющие антиоксидантные и иммунозащитные свойства. Полученный согласно разработанному способу масляный экстракт был исследован в отношении его антиоксидантного действия (табл. 2).

Таблица 2

Исследование влияния масляного экстракта из внутренностей трепанга на антиокислительную активность плазмы крови мышей

Исследуемая группа	Доза	ОАО, %
Контроль	–	15,2±0,5
Масляный экстракт из голотурий	0,5 мл/мышь	26,5±3,6
Масляный экстракт из голотурий	50 мл/мышь	32,0±3,1

Полученные результаты свидетельствуют о том, что масляный экстракт из голотурий тормозит перекисное окисление липидов в модельной системе, содержащей желточные липопротеиды, то есть обладает антиокислительными свойствами.

Для оценки иммуностропной активности каротиноидов масляных экстрактов внутренностей голотурий использовали НСТ-тест (тест восстановления нитросинего тетразолия), который отражает бактерицидную активность фагоцитов, то есть способность уничтожать микробные клетки. Принцип теста состоит в том, что при активации фагоцитирующих клеток происходит восстановление растворимого бесцветного тетразолия нитросинего в диформаза, который распределяется в цитоплазме или на поверхности фагоцитов в виде гранул, окрашенных в темно-синий цвет. Этот тест отражает степень активации кислородозависимых механизмов бактерицидной активности фагоцитирующих клеток. По информативности НСТ-тест превосходит все другие цитохимические методы оценки активности фагоцитирующих клеток [12].

При исследовании бактерицидной активности нейтрофилов перитонеальной полости мышей установлено, что полученные препараты стимулируют данную активность. Фиксируемая оптическая плотность контрольного образца (без введения препарата) составила $93,4 \pm 1,2$ единиц, после введения в пробу препарата 50 мкл и 0,5 мкл оптическая плотность составила $107,8 \pm 3,9$ и $104,1 \pm 1,5$ единиц, соответственно.

На основе проведенных исследований разработана и утверждена нормативная документация, позволяющая выпускать данные препараты в виде БАД к пище «Бальзам из трепанга масляный». Содержащиеся в БАД витамин Е и полиненасыщенные жирные кислоты (из подсолнечного масла) помимо хорошо известных положительных эффектов обеспечивают более полное усвоение БАД трепанга и предохраняют их от окисления. БАД к пище рекомендовано выпускать во флаконах с массой содержимого 100 г, а также и в виде капсул с массой содержимого 1,0 г (табл. 3).

Таблица 3

Содержание биологически активных веществ в БАД к пище «Бальзам из трепанга масляный»

Суточная доза БАД	Содержание каротиноидов, мг	% от рекомендуемого суточного потребления	Содержание ПНЖК, г	% от рекомендуемого суточного потребления	Содержание витамина Е, мг	% от рекомендуемого суточного потребления
10 г жидкости	0,75	15	4	36	7	67
12 капсул	0,9	18	4,8	43	10	95

Жидкий масляный экстракт рекомендуется употреблять взрослым с приемом пищи по 5 г (1 ч. ложка) два раза в день, в этом количестве содержится 0,75 мг каротиноидов, что составляет 15% от рекомендуемого суточного потребления (5 мг/сутки для бета-каротина). В этом количестве также содержится 4 г ПНЖК, что составляет 36% от рекомендуемого суточного потребления и 7 мг витамина Е, что составляет 67% от рекомендуемого суточного потребления. Капсулы с массой содержимого 1,0 г рекомендуется принимать с приемом пищи по 4 шт. три раза в день, в них содержится 1,5 мг каротиноидов, что составляет 10% от рекомендуемого суточного потребления каротиноидов. Тритерпеновые гликозиды не указаны в этой таблице, так как эти вещества не регламентированы нормативными документами, такими как методические рекомендации «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» МР 2.3.1.1915-04. Тем не менее они обозначены в технических условиях на БАД к пище «Бальзам из трепанга масляный» как дополнительные компоненты. Полученные препараты прошли экспертизу органов Роспотребнадзора, по показателям безопасности они соответствуют необходимым требованиям.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что исследованная и обоснованная технология экстракции биологически активных веществ из голотурий с помощью ультразвукового воздействия позволяет перевести их в жирорастворимое состояние для обеспечения наиболее полного усвоения. Выбранные режимы обеспечивают получение препаратов с высокой концентрацией функциональных компонентов, обеспечивающей не менее 15% от рекомендуемого суточного потребления. Это позволяет рекомендовать их в качестве БАД к пище.

Литература

1. Ковалев Н.Н., Пивненко Т.Н., Ким Г.Н. Анализ рынка биологически активной продукции из промысловых голотурий (*Echinodermata: Holothuroidea*): сырье и технологии // Рыбное хозяйство. – 2016. – № 2. – С. 112–116.

2. Zhong Y., Khan M.A., Shanidi F. Compositional characteristics and antioxidant properties of fresh and processed sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) // Journal of agricultural and food chemistry. – V. 55. – № 4. – 2007. – P. 1188–1192
3. Mulyndin V.A., Kovalev V.V. Effect extraction of internal organs of holothurian *Cucumaria japonica* on the indices nonspecific resistance // Rus. J. marine biol. – 2001. – V. 27 (6) – P. 406–408.
4. Sun P., Yi Y.H., Li L., Tang H.F. Recourse, chemical structure and characteristics of triterpene glycosides from sea cucumber (order *Aspidochiritida*) // Chinese journal of natural medicines. – 2007. – V. 5(6). – P. 463–469.
5. Huizeng F. Sea cucumber: Ginseng of sea // Zhongguo Mar. Med. – 2001. – № 82. – P. 37–44.
6. Любавская Т.А. Антимикробные и иммуномодулирующие свойства комплексных экстрактов из трепанга японского: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Владивосток, 1996. – 29 с.
7. Эффективность биологически активных добавок из голотурий и совершенствование технологии их получения / В.Н. Акулин, К.Г. Павел, Т.Н. Слуцкая, Г.Н. Тимчишина, Е.В. Якуш // Изв. ТИНРО. – 2012. – Т. 170. – С. 291–298.
8. Wu J., Lin L., Chau F. Ultrasound-assisted extraction of Ginseng saponins from Ginseng roots and cultured Ginseng cells // Ultrasonics Sonochem. – 2001. – № 8. – P. 347–352.
9. Способ получения масляного экстракта из голотурий, обладающего биологически активными свойствами (варианты): пат. 2562592 Рос. Федерация. № 2562592; заявл. 23.10.2013; опублик. 27.04.2015, Бюл. № 12.
10. Чумак А.Д., Павел К.Г., Тимчишина Г.Н. Определение тритерпеновых гликозидов в голотуриях // Известия ТИНРО-центра. – 1995. – Т. 118. – С. 36–40
11. Бородин Е.А., Арчаков А.И. Стабилизация и реактивация цитохрома Р-450 фосфатидилхолином при перекисном окислении липидов // Биол. мембраны. – 1987. – № 7. – С. 719–728.
12. Лебедев К.А., Понякина И.Д. Иммунология в клинической практике. – М.: Наука, 1990. – 224 с.

Информация об авторах Information about authors

Пивненко Татьяна Николаевна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник НИЦ «Морские биотехнологии»; tnpivnenko@mail.ru

Pivnenko Tatyana Nikolaevna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher of Research Center «Marine Biotechnologies»; tnpivnenko@mail.ru

Ковалев Николай Николаевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 90087, Россия, Владивосток; доктор биологических наук, главный научный сотрудник НИЦ «Морские биотехнологии»; kovalevnn61@yandex.ru

Kovalev Nicolay Nicolaevich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Chief Researcher of Research Center «Marine Biotechnologies»; kovalevnn61@yandex.ru

Ким Георгий Николаевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 90087, Россия, Владивосток; доктор технических наук, ректор ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»; festfu@mail.ru

Kim Georgiy Nikolaevich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of Far Eastern State Technical Fisheries University; festfu@mail.ru

Позднякова Юлия Михайловна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 90087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук, директор НИЦ «Морские биотехнологии»; pozdneyakova.julia@yandex.ru

Pozdneyakova Yuliya Mikhailovna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences, Director of Research Center «Marine Biotechnologies»; pozdneyakova.julia@yandex.ru

Перцева Анна Дмитриевна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 90087, Россия, Владивосток; научный сотрудник НИЦ «Морские биотехнологии»; 50@mail.ru

Pertzeva Anna Dmitrievna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Researcher of Research Center «Marine Biotechnologies»; 50@mail.ru

УДК 661.123 :+ 582.272

А.М. Рогов, И.А. Кадникова, Н.М. Аминина

**ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ САХАРИНЫ ЯПОНСКОЙ
НА ЕЕ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ**

Определена альгиназная активность ферментных комплексов из внутренностей *Strongylocentrotus intermedius* и *Cucumaria japonica*. Установлено гидролитическое действие ферментных комплексов из внутренностей иглокожих на полисахариды сахарины японской при pH 8. Обнаружены различия ферментного гидролиза основных соединений водоросли при температуре 30–45°C. Изучено влияние ферментной обработки сахарины на ее химический состав.

Ключевые слова: сахарина японская, альгиназная активность, ферментный комплекс, внутренности, иглокожие, химический состав.

A.M. Rogov, I.A. Kadnikova, N.M. Aminina

**INFLUENCE OF ENZYME TREATMENT OF SACCHARINA JAPONICA
ON ITS CHEMICAL COMPOSITION**

The alginase activity of the enzyme complexes of *Strongylocentrotus intermedius* and *Cucumaria japonica* viscera was determined. The hydrolytic action of the enzyme complexes of the echinoderm innards on *Saccharina japonica* polysaccharides at pH 8 was established. The differences of the enzymatic hydrolysis of basic compounds of the algae at 30–45 °C were detected. The effect of *S. japonica* enzyme treatment on its chemical composition was studied.

Key words: *Saccharina japonica*, alginase activity, enzyme complex, viscera, echinoderms, chemical composition.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-44-50

Сахарина японская – это важный элемент питания не только для человека, но и для различных морских животных. Она является источником незаменимых для развития организмов веществ: редких микроэлементов и аминокислот, пигментов, полисахаридов и других биологически активных соединений. При этом большая часть полисахаридов и белков малодоступна или совершенно недоступна пищеварительным ферментам человека и животных. В связи с этим при разработке продукции из водорослевого сырья возникает проблема усвоения питательных веществ водорослей и ведется поиск ферментов для расщепления белково-полисахаридного комплекса морских водорослей.

Современный уровень развития биотехнологии показывает, что ферментация – это наиболее эффективный способ обработки морского растительного сырья для получения продукции (пищевой, БАВ, кормовых добавок), где будут сохраняться биологически активные компоненты (аминокислоты, минеральные вещества, олигосахариды). Ферментированные продукты из водорослей являются также идеальными для питания личинок и молоди креветки, трепанга, моллюсков [1–4].

В связи с вышеизложенным целью работы являлось исследование влияния ферментативной обработки на химический состав сахарины для получения кормовых продуктов для марикультуры.

Материалы и методы исследований

В качестве исходного материала для исследований использовали водоросль – сахарину японскую *Saccharina japonica*, добытую в июле 2015 г.; внутренности серого ежа *Strongylocentrotus intermedius*, собранного в апреле 2015 г.; внутренности кукумарии японской *Cucumaria japonica*, выловленной в июле 2015 г.

При выполнении исследований химического состава водорослей использовали стандартные методы [5]. В образцах водорослей определяли содержание воды, минеральных веществ, альгиновой кислоты. Общее содержание углеводов определяли антроновым методом [6]. Альгиназную активность ферментных комплексов определяли колориметрическим методом по количеству образовавшихся восстанавливающихся сахаров [7].

Результаты и их обсуждение

Ранее проведенные исследования состава сахарины японской показали, что основным субстратом для действия ферментов являются углеводы, в первую очередь это альгиновая кислота и клетчатка [8]. Деструкция полисахаридов под действием ферментов уменьшает содержание высокомолекулярных соединений, мешающих усвоению корма из сахарины молодью трепанга, что позволит использовать этот доступный вид водоросли для организации промышленного производства кормов [9–12]. Использование промышленных форм ферментных препаратов для обработки сахарины сдерживается их активностью по отношению к расщепляемому субстрату. По литературным данным основные пищеварительные ферменты иглокожих, в частности *Cucumaria japonica* и *Strongylocentrotus intermedius*, способны осуществлять деструкцию полисахаридов сахарины и относятся к классам лиаз и гидролаз [13,14].

Внутренности иглокожих нами рассматривались как единая ферментная система, обладающая определенной активностью, которая оказывает влияние на проведение технологического процесса по обработке водорослей. Химический состав внутренних органов кукумрии и морского ежа представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав внутренних органов промысловых иглокожих

Сырье	Содержание, %			
	воды	белка	липидов	минеральных веществ
<i>Cucumaria japonica</i>	88,6	4,0	2,6	3,4
<i>Strongylocentrotus intermedius</i>	80,3	11,7	3,6	1,0

Комплекс ферментов из мороженных внутренностей серого ежа и кукумрии японской получали по схеме, представленной на рис. 1.

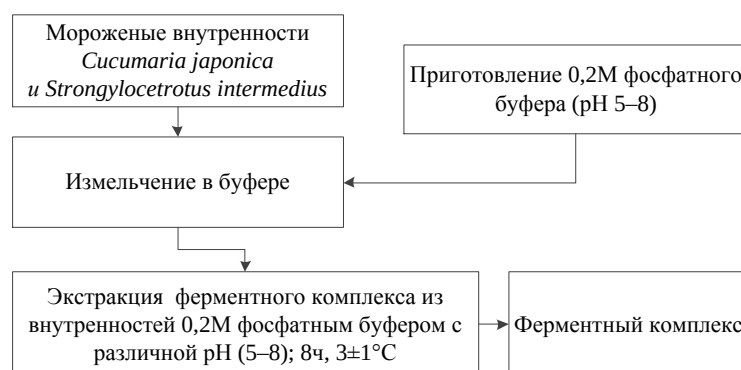


Рис. 1. Схема выделения ферментного комплекса из мороженных внутренностей иглокожих

Экстракция проводилась фосфатным буфером при соотношении 1 : 0,5 (внутренности : буфер), в течение 8 ч при температуре $3 \pm 1^\circ\text{C}$ и значениях pH от 5 до 8. В результате проведенных экспериментов были получены по четыре экстракта ферментов из каждого вида внутренностей. Во всех полученных образцах определяли альгиназную активность (АА). В качестве субстрата использовали 0,1%-ный раствор альгината натрия. За единицу активности принимали количество фермента, которое катализировало образование 1 мкмоль восстанавливающихся сахаров (в пересчете на галактурановую кислоту) за 1 ч.

Самую высокую АА показал комплекс ферментов, полученный из внутренностей морского ежа при pH 7, наиболее низкую – при pH 8. Обнаружено два пика активности системы ЖКТ ежа при кислой и нейтральной pH.

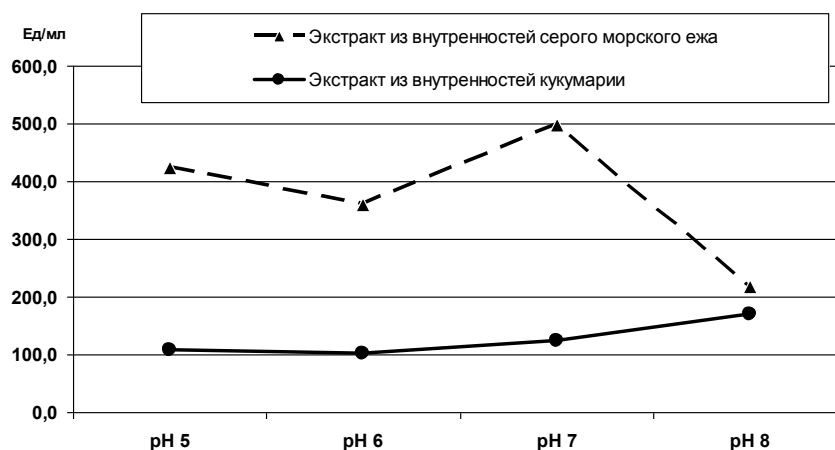


Рис. 2. Альгиназная активность ферментной системы внутренних органов иглокожих

При анализе внутренностей кукумарии японской обнаружено, что максимальную АА имеет ферментный комплекс, выделенный при pH 8, минимальную – при pH 6. С увеличением pH среды в щелочную область АА комплекса увеличивается. Для выделения комплекса альгинолитических ферментов из внутренних органов *Cucumaria japonica* рекомендовано pH экстрагента, равное 8 (рис. 2).

В результате исследований показано различие в активности ферментов ЖКТ у разных классов иглокожих: АА комплекса ферментов, выделенных из внутренностей серого ежа, выше по сравнению с АА ферментов ЖКТ *Cucumaria japonica*.

Ферментные комплексы, выделенные из иглокожих, использовали для обработки сахарины. Измельченные водоросли заливали 0,2 М фосфатным буфером с pH от 5 до 8 и гидромодулем (ГМ) 1 : 10 (водоросль : буфер) (при обработке ферментным комплексом из морского ежа), и 1 : 15 (при обработке ферментным комплексом из кукумарии). После этого добавляли 1,5 мл экстрактов ферментов на 1 г водоросли. Гидролиз проводили при 30°C и 45°C (рис. 3).

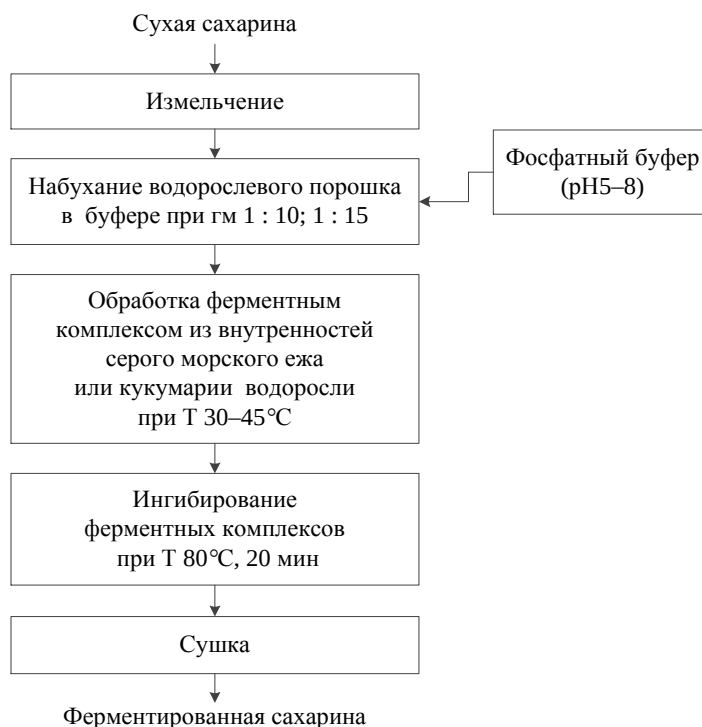


Рис. 3. Общая схема обработки сахарины ферментными комплексами из внутренностей *Cucumaria japonica* и *Strongylocentrotus intermedius*

Для оценки степени ферментализации был изучен химический состав сахарины до и после ее обработки ферментным комплексом. После обработки водорослей комплексом из внутренностей кукумарии основные изменения происходят в количественном составе углеводов (рис. 4). С увеличением pH в щелочную область возрастает степень гидролиза альгиновой кислоты, ее количество уменьшается в 2,2 раза. Содержание легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГП) в обработанных образцах увеличивается и находится на уровне 18,0–20,1% (рис. 4, а, б). Одновременно происходит гидролиз клетчатки и деструкция фукоидана. Концентрация фукоидана в сахарине уменьшается в 4,9 раза, а содержание клетчатки снижается до уровня 5,5–7,5%.

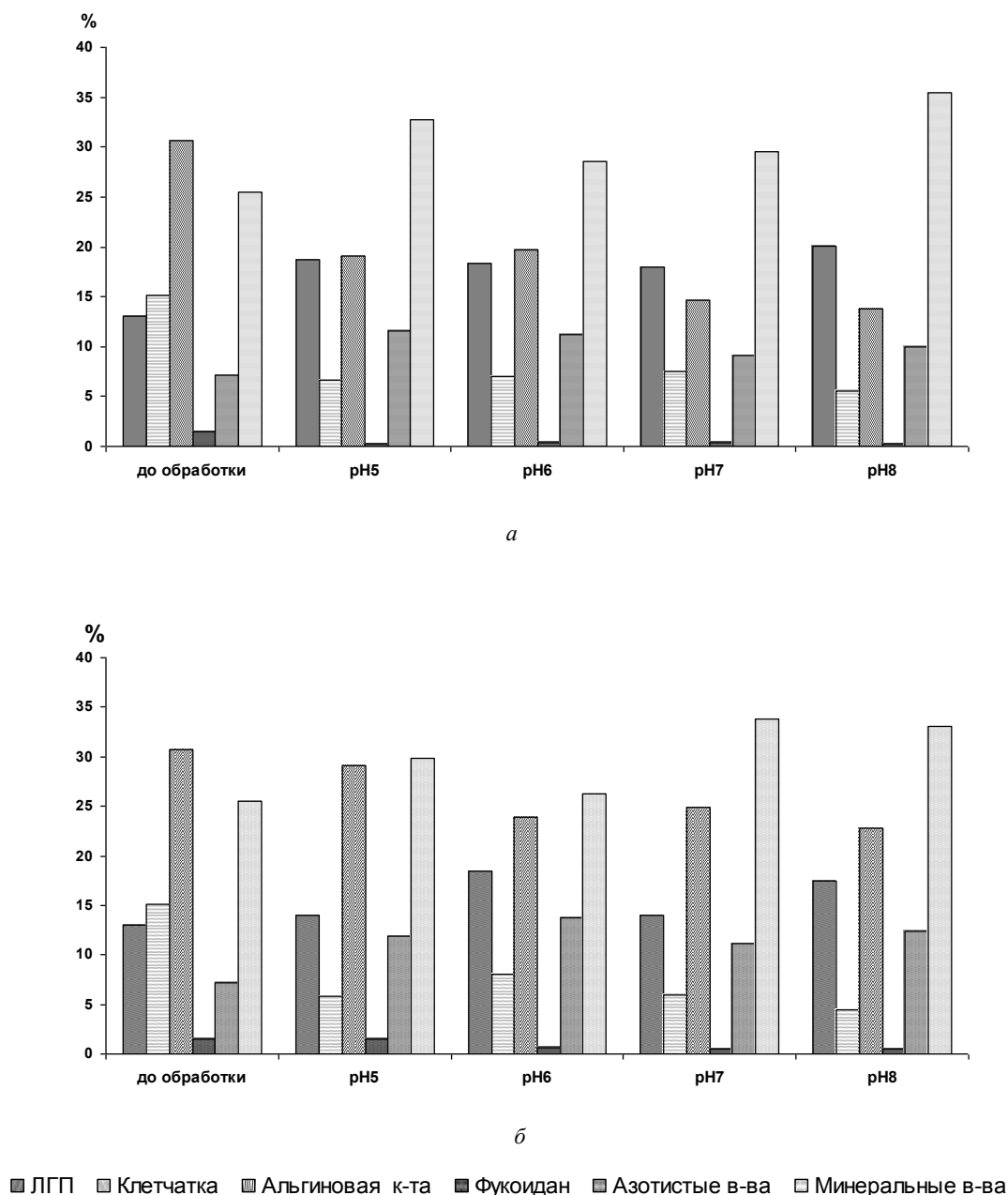
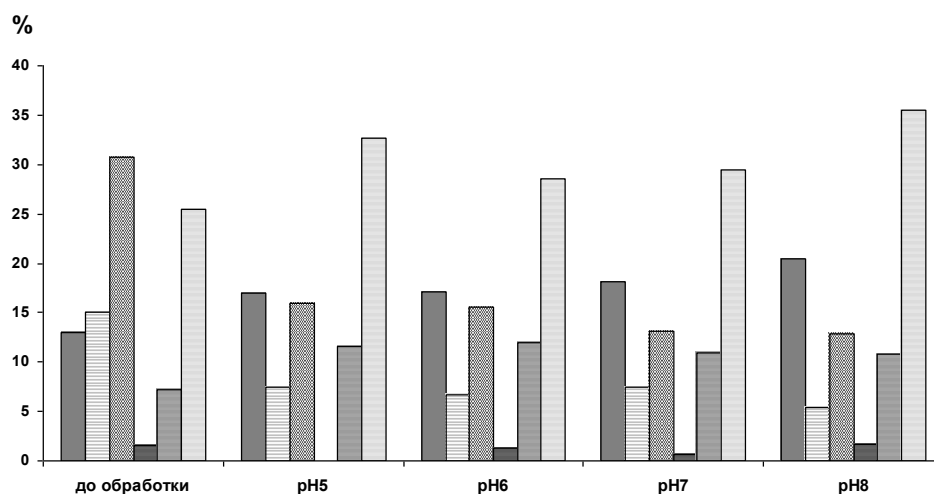


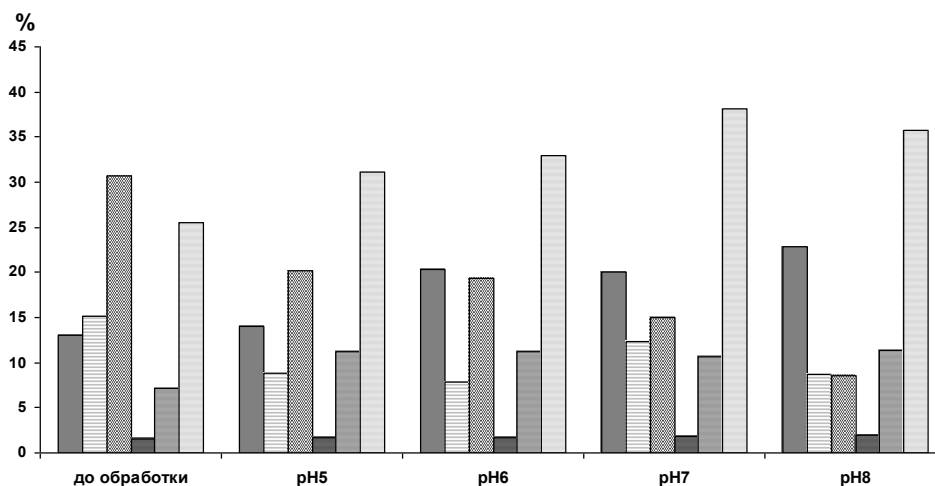
Рис. 4. Изменения химического состава сахарины после обработки ферментным комплексом из внутренностей *Cuscutaria japonica*: а – обработка при 30°C; б – обработка при 45°C

При температуре обработки 45°C гидролиз клетчатки идет сильнее, чем при 30°C, содержание ее уменьшается до 4,5%. Быстрее также происходит деструкция фукоидана, одновременно отмечается рост содержания ЛГП. Однако гидролиз основного компонента сахарины – альгиновой кислоты, при температуре обработки 45°C проходит слабее, чем при 30°C (рис. 4, б).

Аналогичные закономерности наблюдаются при обработке сахарины ферментным комплексом из внутренностей *Strongylocentrotus intermedius*. С повышением pH от 5 до 8 в водоросли быстрее происходит деструкция полисахаридов: в 2,3 раза уменьшается содержание альгиновой кислоты, в 2,5 раза – клетчатки. При этом увеличивается содержание ЛГП (рис. 5, а).



а



б

■ ЛГП □ Клетчатка ▨ Альгиновая к-та ■ Фукоидан ▤ Азотистые в-ва □ Минеральные в-ва

Рис. 5. Изменения химического состава сахарины после обработки ферментным комплексом из внутренностей *Strongylocentrotus intermedius*:
а – обработка при 30°C ; б – обработка при 45°C

С увеличением температуры обработки до 45°C гидролиз альгиновой кислоты усиливается, ее содержание уменьшается в 3,6 раза по сравнению с обработкой при температуре 30°C. Количество ЛГП увеличивается до 22,8% за счет перехода в эту категорию части альгиновой кислоты после ферментного гидролиза (рис. 5, б).

Количество азотистых и минеральных веществ во всех образцах сахарины после обработки увеличивается, по-видимому, за счет внесения ферментного комплекса (рис. 5, а, б).

На основании проведенных исследований установлено, что наиболее активным гидролитическим действием на чистый альгинат обладают ферментные комплексы из внутренностей *Strongylocentrotus intermedius* при pH 5, из внутренностей *Cucumaria japonica* – при pH 8.

При использовании в качестве субстрата сахарины японской нами было подтверждено более сильное действие на состав ее полисахаридов ферментных комплексов из внутренностей иглокожих при pH 8. Обнаружены различия ферментного гидролиза основных соединений водоросли при разных значениях температуры. В результате рекомендовано проводить обработку сахарины комплексом ферментов из внутренностей *Cucumaria japonica* при pH 8, гм 1 : 15, температуре 30°C, 24 ч, из внутренностей *Strongylocentrotus intermedius* – при pH 8, гм 1 : 10, температура 45°C, 24 ч.

Литература

1. Ashida T., Okimasu E., Amemura A. Effects of a fermented vegetable product on hemolysis and lipid peroxidation of Japanese flounder erythrocytes // Fish. Sci. – 2002. – V. 68. – P. 1324–1329.
2. Ashida T., Okimasu E. Immunostimulatory effects of fermented vegetable product on the non-specific immunity of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* // Fish Sci. – 2005. – V. 71. – P. 257–262.
3. The dietary effects of a fermented vegetable product on glutathione peroxidase activity and lipid peroxidation of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* / T. Ashida, Y. Takei, M. Takagaki, Y. Matsuura, E. Okimasu // Fish. Sci. – 2006. – V. 72. – P. 179–184.
4. The influence of diets containing dried bivalve feces and/or powdered algae on growth and energy distribution in sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) (Echinodermata: Holothuroidea) / X. Yuan, H. Yang, Y. Zhou, Y. Mao, T. Zhang, Y. Liu // Aquaculture. – 2006. – V. 256. – P. 457–467.
5. ГОСТ 26185-84 Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. – Введ. 01.01.85. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 53 с.
6. ГОСТ 26176-91 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. – Введ. 01.01.93. – М.: Стандартинформ, 2011. – 10 с.
7. Гамаюрова В.С., Зиновьева М.Е. Ферменты. Лабораторный практикум: учеб. пособие. – СПб.: Проспект Науки, 2011. – 256 с.
8. Рогов А.М., Кадникова И.А., Аминина Н.М. Исследование влияния ферментативной обработки морских водорослей *Saccharina japonica* на ее химический состав // Химия и технология новых веществ и материалов: тезисы докладов Всероссийской молодежной науч. конф. (26–30 мая 2014). – Сыктывкар, 2014. – С.171–173.
9. Рассказов В.А. Ферменты морских организмов и перспективы их использования в медицине и биотехнологии // Вестник ДВОРАН. – 2014. – № 1. – С. 61–68.
10. Полисахариды бурых водорослей и ферменты морских организмов, катализирующие их превращения. Перспективы создания БАД и лекарств на основе полисахаридов и продуктов их трансформации / Т.Н. Звягинцева, М.И. Кусайкин, С.П. Ермаков, Н.М. Шевченко // Исследования природных соединений в Тихоокеанском институте биоорганической химии им. Г.Б. Елякова. – Владивосток: Дальнаука, 2013. – 186 с.
11. Перцева А.Д. Сравнительная характеристика активности ферментов тканей трепанга и кукумарии // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2015. – Т. 37. – С.135–138.
12. Богатыренко Е.А. Потенциальные пробиотики дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus*, продуцирующие пищеварительные ферменты // Микробиология. – 2010. – Т. 79. – № 2. – С. 193–198.
13. Ферменты из морских организмов. Основные свойства и перспективы их использования / В.А. Рассказов, Т.Н. Звягинцева, В.В. Сова, Л.А. Елякова // Вестник ДВОРАН. – 1999. – № 4. – С. 56–66.
14. Агаркова В.В. Биохимические основы биотических взаимоотношений серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* и бурой водоросли *Laminaria japonica*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2007. – 20 с.

Информация об авторах
Information about authors

Рогов Александр Максимович – Тихоокеанский рыбохозяйственный научно-исследовательский центр; 690091, Россия, Владивосток; младший научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья; aleksandr.rogov@tinro-center.ru

Rogov Aleksandr Maksimovich – Pacific Scientific Research Fisheries Centre; 690091, Russia, Vladivostok; Junior Researcher of Seaweed Raw Material Safety and Quality Laboratory; aleksandr.rogov@tinro-center.ru

Кадникова Ирина Арнольдовна – Тихоокеанский рыбохозяйственный научно-исследовательский центр; 690091, Россия, Владивосток; доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья; kadnikova@tinro.ru

Kadnikova Irina Arnoldovna – Pacific Scientific Research Fisheries Centre; 690091, Russia, Vladivostok, Doctor of Technical Sciences; Senior Scientist, Leading Researcher of Seaweed Raw Material Safety and Quality Laboratory; kadnikova@tinro.ru

Аминина Наталья Михайловна – Тихоокеанский рыбохозяйственный научно-исследовательский центр; 690091, Россия, Владивосток; кандидат биологических наук, заведующая лабораторией безопасности и качества морского растительного сырья; aminina@tinro.ru

Aminina Natalya Mikhailovna – Pacific Scientific Research Fisheries Centre; 690091, Russia, Vladivostok; Candidate of Biological Sciences; Senior scientist, Head of Seaweed Raw Material Safety and Quality Laboratory; aminina@tinro.ru

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 582.272.(265.5)

А.В. Климова, Т.А. Клочкова, Н.Г. Клочкова

О ТИПОВЫХ ОБРАЗЦАХ ВИДОВ РОДА *ALARIA* GREVILLE
КАМЧАТСКОЙ АЛЬГОФЛОРЫ

В статье рассмотрены проблемы с выделением и хранением типовых образцов представителей рода *Alaria*, распространенных в прикамчатских водах. Для видов *Alaria angusta* и *Alaria marginata* предложены лектотипы из автентичных сборов, хранящихся в гербарных фондах Музея эволюции Уппсальского университета и Ботанического института им. К.В. Комарова РАН, соответственно. Для *Alaria ochotensis* обновлена устаревшая информация по месту хранению голотипа. Впервые приведены фотоизображения типовых образцов обсуждаемых видов.

Ключевые слова: Alariaceae, *Alaria angusta*, *Alaria marginata*, *Alaria ochotensis*, типовой образец, типовое местообитание, Камчатка, Северная Пацифика.

A.V. Klimova, T.A. Klochkova, N.G. Klochkova

FINDING TYPE SPECIMENS OF SPECIES FROM THE GENUS *ALARIA* GREVILLE
DISTRIBUTED IN THE MARINE FLORA OF KAMCHATKA

This paper describes taxonomic problems with type specimens of the representatives of the genus *Alaria* from Kamchatka. We propose lectotypes for species *Alaria angusta* and *Alaria marginata* that were selected from the authentic specimens stored in herbarium collections of the Museum of Evolution of Uppsala University and Botanical Institute of K.V. Komarov of Russian Academy of Sciences, respectively. For *Alaria ochotensis*, new information on the storage place of the holotype specimen is provided. Photographic images of type specimens of three discussed species are shown for the first time.

Key words: Alariaceae, *Alaria angusta*, *Alaria marginata*, *Alaria ochotensis*, type specimen, type locality, Kamchatka, Northern Pacific area.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-51-62

Введение

В настоящее время в связи с развитием методов молекулярно-генетического анализа систематики водорослей становится все более запутанной, поскольку для определения таксономического положения родов и видов все чаще используются только молекулярные данные без учета морфолого-анатомических особенностей изучаемых таксонов. Тенденции современной альгологии таковы, что описывать новые роды и виды и производить номенклатурные изменения сейчас принято на основе молекулярных данных. Единого мнения о таксономической ценности молекулярно-генетических признаков среди альгологов нет, как и нет единых требований к выбору секвенируемых генов и интерпретации сиквенсов. Так, анализ данных по систематике некоторых ламинариевых [1–3], красных пластинчатых [4], зеленых хламидомонадовых [5] и кораллиновых водорослей [6] показывает, что в каждой из этих групп близкие по морфологии виды на основе молекулярных данных попадают в разные роды и, наоборот, очень далекие в морфологическом отношении виды оказываются в составе одного рода. Чем больше появляется новых молекулярных данных, тем более обесцениваются традиционные принципы систематики водорослей, основанные на выделении видоспецифических морфолого-анатомических признаков, а в международной базе данных по биотехнологической информации (National Center for Biotechnology

Information – NCBI) [7] быстрыми темпами нарастает объем информации, не имеющей таксономической ценности. Так, к середине 2016 г. там было зарегистрировано несколько миллионов сиквенов, зарегистрированных как *cf.* (т. е. с предварительной идентификацией изученного образца), *sp.* (т. е. с неустановленной видовой принадлежностью изученного образца) и *unknown/unclassified* (т. е. неизвестный/неопределенный образец) [7].

В любом биологическом исследовании, имеющем дело с изучением живых организмов, полученные результаты не имеют ценности, пока не установлена их таксономическая принадлежность. Идентификации вида требует сведений о его характерных признаках, распространении, типовом местообитании. Специалисты-систематики знают, как также важно знать место хранения типовых образцов описанных видов и присвоенный им номер (акроним). В необходимых случаях они могут обращаться к ним для проведения сравнительных исследований.

В соответствии с Международным кодексом ботанической номенклатуры (МКБН) вид считается валидным только при наличии диагноза и сохраненного типового образца, отражающего его основные признаки. В случае если из множества образцов, собранных одновременно в одном месте, типовой образец был выделен после опубликования диагноза вида, его называют лекто-типом. В истории альгологических исследований имела место утрата типовых образцов и паратипов. В этом случае правила ботанической номенклатуры позволяют выделять неоти́пы. Им может стать растение, полностью соответствующее диагнозу вида, собранное в типовом местообитании.

До середины прошлого века описание вида не всегда сопровождалось его иллюстрацией. Требование ее обязательного представления вступило в силу в 1953 г. [8]. Для «ДНК-штрихкодирования» и закрепления за определенным видом сиквенов его нуклеотидных/аминокислотных последовательностей в идеале следовало бы использовать результаты изучения его типового образца, но для видов, описанных в прошлом и позапрошлых веках, они настолько старые, что не пригодны для молекулярно-генетических исследований. Так, выделить неповрежденную ДНК из старых гербарных образцов ламинариевых водорослей оказалось невозможным [9]. Это связано с тем, что растительные клетки со временем подвергаются деградации.

В случаях невозможности использования типовых образцов их следовало бы заменять растениями из типовых местообитаний, имеющими все характерные для данного вида признаки. Однако число альгологов, следующих этим нормам, в настоящее время, к сожалению, неуклонно сокращается, а работа с типовыми образцами и образцами из типовых местообитаний или хотя бы близких к ним географических районов часто игнорируется.

Род *Alaria* Greville, которому посвящено настоящее исследование, относится к бурым ламинариевым водорослям. Центром его биоразнообразия являются северные районы Пацифики, где к началу прошлого века разными исследователями было описано 15 видов [10]. Всего же на момент предпринятой К. Йендо первой ревизии рода для него было известно более 30 видов. Следующая ревизия рода была выполнена Т. Виддоусоном на основе изучения обширного материала из Тихого и Атлантического океанов, в том числе типовых образцов практически всех видов [11]. Несмотря на это, последующие альгологи, определявшие видовой состав ламинариевых в региональных альгофлорах, не всегда были согласны с выводами Т. Виддоусона [12–16], хотя в настоящее время именно его данные представлены в общедоступной и широко используемой в морской альгологии международной базе *AlgaeBase* [17].

Такая ситуация с пониманием объема видов объясняется, прежде всего, недостатком изученности биологии развития алярий, их морфологической, экологической и географической изменчивости. Это обстоятельство отмечали практически все специалисты, изучавшие представителей данного рода. Так, в статье К.Е. Лейна с соавторами [16] со ссылкой на статью Т.Б. Виддоусона [11] сказано, что «трудности в применении концепции видов к образцам [алярий] в полевых условиях были описаны [Виддоусоном] следующим образом: «За исключением *Alaria fistulosa*, все виды изменяют все свои таксономически важные характеристики...» и «большая часть таких изменений, как представляется, вызвана экологическими факторами, так что разные виды, растущие в одинаковой среде обитания, похожи друг на друга больше, чем популяции того же вида, растущие в разных местах обитания» [11, р. 45].

После работы Ю.Е. Петрова по роду *Alaria* во флоре Камчатки указывали три вида – *Alaria angusta* Kjellman, *A. marginata* Postels et Ruprecht, *A. ochotensis* Yendo [18–19]. Точная информация о нахождении их типовых образцов до начала нашего исследования в научной литературе

отсутствовала. Это в значительной мере затрудняло понимание их объема и вызывало сомнения в правомерности включения этих видов в альгофлору Камчатки. Авторами в ходе анализа литературных источников, переписки с кураторами гербарных фондов Уппсальского университета (UPS) и Шведского музея естествознания (S), а также посещения гербарных фондов Университета Хоккайдо (SAP) и Ботанического института им. К.В. Комарова (LE) удалось найти типовые и другие автентичные образцы указанных видов. В данной работе впервые представлены их фотографии, даны комментарии к ним и высказано мнение об их принадлежности к разным формам одного и того же вида или даже к иным видам.

Результаты и обсуждение

Alaria angusta Kjellman (1889: 38).

Типовое местообитание: о. Беринга, Командорские острова («Beringön, sparsam; spridd inom sublitoral regionen såsom beståndsdel i Laminariace formationen; med sporangier. [Bering Island, scarce, scattered within sublitoral zone as part of Laminaraceae formation; with sporangia]») [20, p. 38].

Дата сбора типа / сборщик: 14–19 августа 1879 г. / Ф.Р. Чельман.

Место хранения типа: Музей эволюции, Уппсальский университет (UPS).

Автор, выделивший неотип: Т.Б. Виддоусон [11, p. 28].

Акроним типа: отсутствует.

В отношении типового образца *A. angusta* сложилась запутанная ситуация. Автор вида Ф.Р. Чельман не выделил типовой образец и не отметил в своих сборах с о. Беринга растение, с которого он сделал рисунок этого вида [20], что неудивительно, поскольку в 1889 г. правила описания новых таксонов этого не требовали. Т.Б. Виддоусон, работавший с типовыми образцами из гербария Уппсальского университета, дал рисунок одного из шести хранящихся в нем автентичных образцов *A. angusta*, собранных Чельманом, выбрав среди них экземпляр с пометкой «orig. exempl» (т. е. оригинальный экземпляр) [11]. Однако выбранный Т.Б. Виддоусоном тип нельзя считать формально принятым, поскольку, во-первых, он не был зарегистрирован, во-вторых, по сообщению проф. С. Экмана (Prof. Stefan Ekman), в коллекции UPS хранится несколько образцов *A. angusta* с пометкой «orig. exempl», и, поскольку фотография типа не публиковалась, однозначно определить его среди этих образцов затруднительно. В ходе переписки проф. С. Экман высказал мнение о том, что за тип можно принять один из образцов с пометкой «orig. exempl» с наиболее развитыми спорофиллами (рис. 1, а). Он определен как *A. angusta* Ф.Р. Чельманом, хотя запись «orig. exempl» на нем сделана не его рукой (рис. 1, б). Таким образом, все шесть чельмановских образцов *A. angusta* становятся синтипами (рис. 1, а – в), а один из них, руководствуясь статьями 9.11–9.12 МКБН^{1,2} [21] и по согласованию с проф. С. Экманом, мы предлагаем выделить как лектотип (рис. 1, а).

На рис. 1, в показан один из синтипов *A. angusta*, имеющий более широкую, чем у типа вида, пластину и менее развитые спорофиллы. Наличие образца с такой достаточно широкой пластиной позволяет говорить, что имя «*angusta*», то есть узкая [22], было выбрано Ф.Р. Чельманом не совсем удачно.

¹ Art. 9.11. If no holotype was indicated by the author of a name of a species or infraspecific taxon, or when the holotype or previously designated lectotype has been lost or destroyed, or when the material designated as type is found to belong to more than one taxon, a lectotype or, if permissible (Art. 9.7), a neotype as a substitute for it may be designated (Если голотип не был указан автором названия вида или внутривидового таксона, или если голотип был утерян или уничтожен, или если было установлено, что материал, обозначенный как тип, принадлежит к более чем одному таксону, то в качестве замены голотипа может быть обозначен лектотип или, если позволяют правила (ст. 9.7), неотип).

² Art. 9.12. In lectotype designation, an isotype must be chosen if such exists, or otherwise a syntype if such exists. If no isotype, syntype or isosyntype (duplicate of syntype) is extant, the lectotype must be chosen from among the paratypes if such exist. If no cited specimens exist, the lectotype must be chosen from among the uncited specimens and cited and uncited illustrations that comprise the remaining original material, if such exist (В качестве лектотипа должен быть выбран изотип, если таковой существует или, при отсутствии изотипа, синтип, если таковой существует. Если не имеется ни изотипа, ни синтипа, ни изосинтипа (дубликата синтипа), то лектотип следует выбирать среди паратипов, если они существуют. Если не существует никаких цитированных экземпляров, лектотип должен быть выбран среди нецитированных экземпляров и цитированных и нецитированных иллюстраций, которые составляют остальной первоначальный материал, если таковой существует).



Рис. 1. *Alaria angusta*, а – в – автентичные образцы вида с о. Беринга, хранящиеся в гербарном фонде Музея эволюции Уппсальского университета (UPS): а – образец, предложенный нами в качестве лектотипа в соответствии со статьями 9.11–9.12 МКБН; б – этикетка лектотипа с пометкой «orig. exempl»; в – синтип с широкой пластиной и менее развитыми спорофиллами; г, д – образцы аларии с длинными и узкими спорофиллами, собранные у побережья Японии (гербарий Музея естественной истории Университета Хоккайдо, SAP).

Fig. 1. *Alaria angusta*. а – в – authentic specimens from Bering Island (Commander Islands) held in herbarium of the Museum of Evolution of Uppsala University (UPS): а – specimen that we propose to consider as lectotype according to art. 9.11–9.12 of ICBN; б – lectotype's labeling with the writing «orig. exempl»; в – syntype with a wide blade and less developed sporophylls; г, д – specimens of «*A. angusta*» from Japan, with long and narrow sporophylls (herbarium of Natural History Museum of Hokkaido University, SAP)

Описывая характерные признаки этого вида, Т.Б. Виддоусон [11] отметил наличие у него длинных спорофиллов. Это утверждение, по нашему мнению, также не совсем верное. Это вид-

но даже при сравнении между собой синтипов, у которых спорофиллы действительно узкие, но не столь большой длины. В гербарии Университета Хоккайдо (SAP) нами были встречены образцы, собранные у берегов о. Хоккайдо и определенные как *A. angusta*. Они на самом деле имеют очень узкие и очень длинные спорофиллы (рис. 1, з, д), однако следует учитывать, что место их сбора, о. Хоккайдо, находится далеко от типового местообитания, о. Беринга. Поэтому определенно говорить об их принадлежности к *A. angusta* нельзя. Для определения ареала вида, безусловно, необходимы молекулярно-генетические исследования.

***Alaria marginata* Postels et Ruprecht (1840: 11).**

Типовое местообитание: о. Уналашка, Алеутские острова («In oceano pacifico septemtrionale v.g. ad Unalascha») [23, p.11].

Место сбора неотипа: Форт-Росс, Калифорния.

Дата сбора неотипа / сборщик: неизвестна / И.Г. Вознесенский.

Место хранения неотипа: Шведский музей естествознания (S).

Автор, предложивший неотип: Т.Б. Виддоусон [11, p. 36].

Акроним неотипа: S-A18207.

Основание для выделения неотипа приведено в работе Т.Б. Виддоусона [11].

Необходимость выделения неотипа для *A. marginata* Т.Б. Виддоусон обосновал тем, что типовой образец этого вида, собранный у о. Уналашка (Алеутские острова), утерян. В своей работе он [11, p. 36] сделал следующее заключение: «...Местообитанием вида была указана северная часть Тихого океана, о. Уналашка («v.g. ad Unalascha»); однако Ф.И. Рупрехт (Ruprecht, 1855: 355) упоминал только растения из Форт-Росса (Калифорния). Отсутствие упоминания материала с о. Уналашка в списке Рупрехта, а также отсутствие иллюстраций в работе А.Ф. Постельса и Ф.И. Рупрехта (Postels, Ruprecht, 1840) вызывают некоторые сомнения в том, что материалы когда-либо собирались Постельсом и Рупрехтом. В коллекции Аресшуга (Areschoug) в Стокгольме (акроним гербария – S) имеется единственный образец с напечатанной этикеткой следующего содержания: «Herb. Acad. Petrop. California boreal Ross leg. Wosnessensky» (т. е. гербарная коллекция БИН, акроним гербария – LE, бореальный, Калифорния, собрал Вознесенский), а рукой Рупрехта на нем на латинском языке написано «*Alaria marginata* PR (sp. meliore exhiberi non potest)» (т. е. «лучше всего демонстрирует вид»)).

Рассуждая таким образом, Т.Б. Виддоусон полагал, что данная заметка Ф.И. Рупрехта «...указывает на то, что в Ленинграде (LE) не существует лучших подлинных образцов». Далее он писал: «...Нам представляется невозможным доказать, что образец в Стокгольме является возможным лектотипом, тем не менее он представляется нам наиболее пригодным для этого обозначения. Этот образец явно связан с Рупрехтом, если не с Постельсом и Рупрехтом. Мы нарекаем его неотипом...» [11, p. 36].

С мнением Т.Б. Виддоусона согласился американский таксономист П. Сильва [24, p. 337]. В размещенном им в AlgaeBase [17] электронном сообщении от 21 июня 2006 г. он написал следующее: «Судя по протологу³ *A. marginata*, материал с о. Уналашка, несомненно, собрал молодой Мертенс на борту «Сенявин» в период 1826–1829 гг. Когда Сетчелл приезжал в Ленинград в ноябре 1903 г. в поисках типового образца, он нашел «1 хороший экземпляр – о. Уналашка, сборщик Вознесенский», но, как мне кажется, образец был из Форт-Росса, Калифорния, который идентичен нашему калифорнийскому с более широкой жилкой «*A. praelonga*» (записи Сетчелла). Этикетка неверная, так как нет никаких записей о том, что Вознесенский собирал на о. Уналашка. В случае отсутствия оригинального материала применима статья 9.6 кодекса Ботанической номенклатуры, и Виддоусон имел право назначить образец [хранящийся] в Стокгольме неотипом. Однако, если будущие исследования популяций с о. Уналашка и Форт-Росса докажут, что мы имеем дело с двумя видами, то неотицификация Виддоусона должна быть запрещена, а для вида из Форт-Росса должно быть найдено новое имя, или же можно предложить сохранить [название] *Alaria marginata* и сохранить [этот] типовой образец. Полагаю, что выбор неотипа из какой-то местности, отличной от той местности, где был собран типовой образец, – не самая лучшая практика, однако это не будет «в серьезном конфликте с протологом». Поэтому, несмотря на протолог, местообитанием нео(типа) является Форт-Росс» [17].

Таким образом, как видно из приведенных выше высказываний, взятых из работы Т.Б. Виддоусона и сообщения П. Сильвы, в отношении типового образца и типового местообитания *A. marginata* сложилась очень запутанная ситуация, при этом комментарии П. Сильвы [17] делают

³ Протологом является выполненное в соответствии с требуемыми нормами описание вида.

ее еще более запутанной. Вид *A. marginata* был описан А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом по материалам, собранным К. Мертенсом на о. Уналашка во время экспедиции Ф.П. Литке 1826–1829 гг. В зарубежных гербарных фондах из образцов, определявшихся Ф.И. Рупрехтом, сохранился образец, собранный И.Г. Вознесенским на очень большом отдалении от типового местообитания, в Форт-Россе (Калифорния). Он и был выбран Т.Б. Виддоусоном как неотип вида. Следует отметить, что до марта 2015 г. в гербарии Шведского музея естествознания он не был обозначен как типовой и, следовательно, не имел акронима. Таковой (S-A18207) был присвоен ему куратором водорослевой коллекции шведского Музея естествознания доктором А. Далсатт (Dr. Åsa Dalsätt) после нашего к нему обращения и просьбы выслать фотоизображение неотипа. Отметим, что образец плохо сохранился и представляет собой несколько отдельных фрагментов слоевища (рис. 2, а – б).



Рис. 2. Образцы *Alaria marginata* из сборов И.Г. Вознесенского в Форт-Россе (Калифорния): а – б – неотип вида (акроним: S-A18207), хранящийся в Шведском музее естествознания (S); в – з – образец из тех же сборов И.Г. Вознесенского в Форт-Россе, хранящийся в Ботаническом институте им. К.В. Комарова РАН (LE)

Fig. 2. Specimens of *Alaria marginata* collected from Fort Ross (California) by I.G. Voznesensky: а – б – neotype (acronym: S-A18207) held in Swedish Museum of Natural History (S); в – з – another specimen from the same collection from Fort Ross, collected by I.G. Voznesensky and currently held in Botanical Institute of K.V. Komarov of Russian Academy of Sciences (LE)

Между тем в Ботаническом институте им. К.В. Комарова РАН (LE) хранится образец *A. marginata* из сборов И.Г. Вознесенского в Форт-Россе (рис. 2, в – з), о котором ни Т.Б. Виддоусон, ни П. Сильва не знали. Наряду с ним там же хранятся гербарные листы *A. marginata*, собран-

ные К. Мертенсом в ходе экспедиции Ф. Литке у о. Уналашка и подписанные рукой Рупрехта. На одном из них засушена нижняя часть растения (рис. 3, а – б), на другом верхняя (рис. 3, в – г). Мы полагаем, что, согласно статье 9.11 МКБН⁴ [21], эти два образца и следует принять за лектотип вида *A. marginata* (рис. 3), поскольку они являются частью первоначального материала, на основании которого указанный вид был описан А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом. В данном случае к лектотипу следует отнести два сохранившихся гербарных образца К. Мертенса, поскольку это предусматривает статья 8А.4 МКБН⁴ [21]. Статья 9.13 МКБН⁵ предусматривает преимущество первоначального материала (т. е. тех экземпляров, на которых было основано описание) над неотипом [21]. Кроме того, мы полагаем, что выбор неотипа *A. marginata* из Форт-Росса, расположенного южнее о. Уналашка более чем на три тысячи километров, был изначально неоправданным.



Рис. 3. Автентичные образцы *Alaria marginata* с о. Уналашка, собранные А.К. Мертенсом (а, в) во время экспедиции Ф.П. Литке в 1826–1829 гг., хранящиеся в гербарном фонде БИН РАН. На их этикетках рукой Ф.И. Рупрехта сделана запись «*Alaria marginata*» (б, г). Мы предлагаем считать эти автентичные образцы лектотипом в соответствии со статьями 9.11, 9.13, 8А4 МКБН, поскольку они являются частью материала, на основании которого данный вид был описан А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом

Fig. 3. Authentic samples of *Alaria marginata* (a, c) collected by A.K. Mertens from Unalaska Island during the expedition held by F.P. Litke in 1826–1829, currently held in Botanical Institute of K.V. Komarov of Russian Academy of Sciences (LE). On the labeling, species name «*Alaria marginata*» is indicated in F.I. Ruprecht's handwriting (b, d). We propose to consider these authentic samples as lectotype according to art. 9.11, 9.13, 8A4 of ICBN, because they represent part of the material, which was the basis for the first description of this species by A.F. Postels and F.I. Ruprecht. Moreover, these samples have been collected from a real type locality designated by the authors of this species, A.F. Postels and F.I. Ruprecht

В базе данных NCBI [7] зарегистрировано 160 нуклеотидных последовательностей *A. marginata* из разных мест обитания, в основном с Ванкувера, и ни одного образца с типового местообитания этого вида – о. Уналашка. На основании собственных и имеющихся в NCBI данных

⁴ Art. 8A.4. When a single specimen designated as type is mounted as multiple preparations, this should be stated in the protologue, and the preparations appropriately labelled (Если один экземпляр, обозначенный как тип, представлен в виде многочисленных гербарных листов или препаратов, то это следует отметить в протологе, а листы или препараты должны быть соответствующим образом этикетированы).

⁵ Art. 9.13. If no original material is extant or as long as it is missing, a neotype may be selected. A lectotype always takes precedence over a neotype, except as provided by Art. 9.16 (Если нет никакого первоначального материала, или до тех пор, пока он неизвестен, может быть выбран неотип. Лектотип всегда имеет преимущество перед неотипом, кроме случая, предусмотренного ст. 9.16).

К. Лейн с соавторами [16] свели в синонимы к *A. marginata* виды *A. taeniata* Kjellman, *A. nana* Schrader, *A. tenuifolia* Setchell. К нему же они отнесли некоторые ранее описанные формы других видов (*A. fragilis* f. *bullata* Saunders, *A. tenuifolia* f. *amplior* Setchell et Gardner), а также форму и вариант собственно *A. marginata* (f. *nana* (Schrader) Collins, var. *musiformis* Postels et Ruprecht). Все предложенные К. Лейном с соавторами номенклатурные комбинации, казалось бы, основаны на самых надежных критериях – молекулярных данных. Однако выбор материала для получения этих данных с нашей точки зрения оставляет желать лучшего. Во-первых, указанные таксоны характеризуются значительными морфологическими различиями, которые авторы в своей статье не обсуждают и не принимают во внимание [16]. Во-вторых, они не используют для своих исследований типовые образцы видов и другие образцы из типовых местообитаний указанных выше видов.

Важно упомянуть, что все монографы рода *Alaria* [10, 11] не указывали *A. marginata* у азиатского побережья Северной Пацифики. Впервые она была отмечена здесь в Беринговом и Японском морях Т.Ф. Шаповой [25, с. 121, табл. 3]. Позже ее стали указывать у восточной Камчатки [26]. В 1973 г. вышла обзорная публикация Ю.Е. Петрова [13] по представителям рода *Alaria* в морях СССР. В ней указано, что ареал *A. marginata* в приазиатских водах охватывает Восточно-Сибирское море, все дальневосточные моря России, включая Курильские и Командорские острова, о. Хоккайдо и северо-западное побережье Америки» [13]. После публикации этой работы все российские альгологи включали *A. marginata* в альгофлору дальневосточных морей.

В гербарии К. Йендо в Музее естественной истории Университета Хоккайдо (SAP) мы нашли пять образцов *A. marginata*, собранных у о. Ванкувер в июле 1901 г. Два из них показаны на рис. 4, а, б. Из представленного рисунка видно, что они значительно отличаются от калифорнийских растений более широкой жилкой (1–2,3 см) и длинными (более 20 см), толстыми, плотными спорофиллами. У растений с о. Уналашка спорофиллы тоже плотные и длинные (10–20 см), но жилка не такая широкая. Исходя из морфологических различий, можно предполагать, что «*A. marginata*» с Ванкувера, «*A. marginata*» из Форт-Росса и «*A. marginata*» с Уналашки – разные виды. До тех пор, пока не будет проведено их сравнительное молекулярно-генетическое изучение, вопрос об объеме обсуждаемого вида остается открытым.

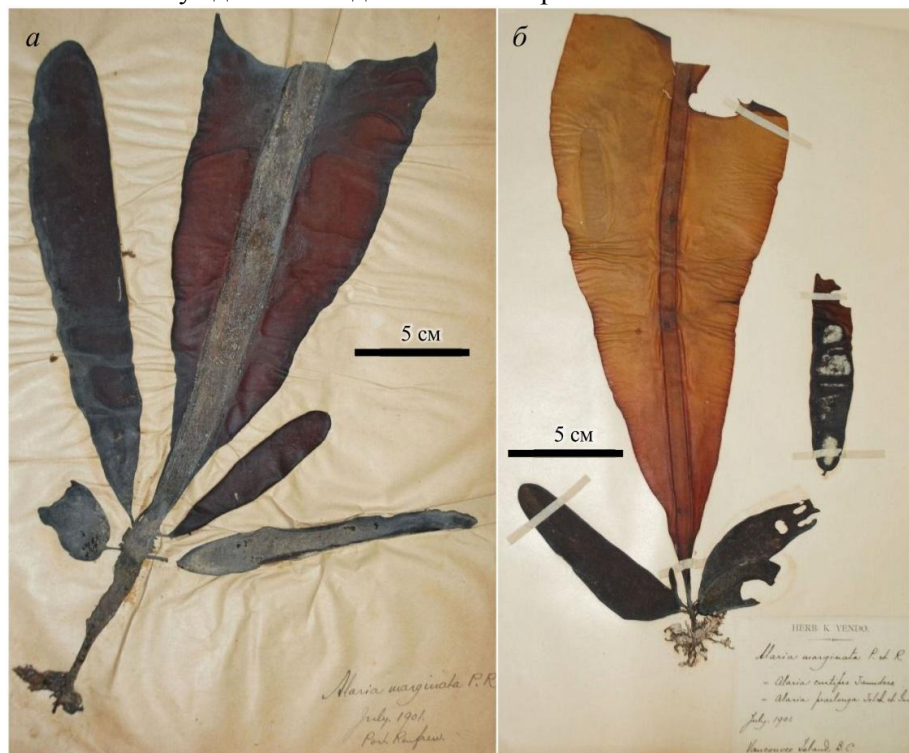


Рис. 4. Растения *Alaria marginata* из гербарной коллекции К. Йендо, хранящейся в гербарии Музея естественной истории Университета Хоккайдо (SAP). Оба образца были собраны у побережья о. Ванкувер в июле 1901 г. Они значительно отличаются от образцов из Калифорнии и из типового местообитания вида, о. Уналашка, более широкой жилкой и толстыми, плотными спорофиллами

Fig. 4. Specimens of *Alaria marginata* from K. Yendo's herbarium collection, which are currently held in Natural History Museum of Hokkaido University (SAP). Both samples have been collected from Vancouver Island in July 1901. They are significantly different from Californian samples, as well as from samples from Unalaska Island, which is the type locality of this species, by having very wide midrib and elongated, thick and rigid sporophylls

***Alaria ochotensis* Yendo (1919: 84).**

Типовое местообитание: зал. Анива, о. Сахалин («Aniwa Bay, Saghalien») [10, p. 85].

Дата сбора типа / сборщик: 22 июля 1906 г. / С. Мурата (S. Murata).

Место хранения типа: Музей естественной истории, Университет Хоккайдо (SAP).

Автор, выделивший голотип: К. Йендо.

Акроним типа: отсутствует.

Информация Т.Б. Виддоусона и М. Гири [11, 17] о нахождении типа вида в гербарной коллекции Императорского университета Тохоку, Саппоро (акроним гербария – TI) является устаревшей. В настоящее время этот и другие образцы *A. ochotensis* из коллекции К. Йендо хранятся в Музее естественной истории Университета Хоккайдо г. Саппоро. В научной литературе имеются только рисунки этого вида [10 (pl. 3, fig. 1), 11 (p. 38, fig. 17)]. Фотоизображение типового образца никогда не публиковалось в открытой печати. Его изображение имеется в японском каталоге образцов Университета Токио, вышедшего ограниченным тиражом для служебного пользования [27]. Именно это позволило найти в перевезенной в Саппоро коллекции К. Йендо типовой образец вида *A. ochotensis*. В своей работе мы восполняем этот пробел (рис. 5, а – з).



Рис. 5. Образцы *Alaria ochotensis* из гербарной коллекции К. Йендо, хранящейся в гербарии Музея естественной истории Университета Хоккайдо (SAP). Голотип вида (а – з) и другие образцы (д – ж)

Fig. 5. Specimens of *Alaria ochotensis* from K. Yendo's herbarium collection, which are currently held in Natural History Museum of Hokkaido University (SAP). Holotype specimen (а – з) and two other specimens (д – ж)

Отличительным признаком обсуждаемого вида является наличие криптостом и разветвленных glandularных клеток в пластине, а также наличие на обеих сторонах стволка многочис-

ленных оснований стебельков, оставшихся после разрушения спорофиллов (рис. 5, б). Примечательно, что этикетки образцов в коллекции SAP подписаны одним почерком и на одной из них написано: «У этого образца нет криптостом в пластине, однако по ряду других признаков он соответствует виду [*A. ochotensis*]» (рис. 5, ж). Нам неизвестно, была ли эта запись сделана рукой К. Йендо.

Заключение

Как уже было сказано выше, одной из проблем современной альгологии является то, что в настоящее время в таксономии водорослей-макрофитов все чаще игнорируется работа с типовыми образцами. Между тем еще Карл Линней сказал, что без познания имен умрет и познание вещей («*Nomina si nescis, perit et cognitio rerum*»). Именно это его высказывание является золотым правилом таксономии.

В разделе II, главе II, статье 7.2 МКБН сказано, что «Номенклатурный тип (*typus*) – это та составная часть таксона, с которой постоянно связывается название данного таксона, независимо от того, правильное ли это название или синоним. Номенклатурный тип не обязательно наиболее типичный или представительный элемент таксона» [21]. Мы полагаем, что смысл второй части этой статьи кодекса не должен пониматься абсолютно буквально, поскольку, как было показано в нашей статье, это чревато тем, что в попытках найти отсутствующие типы определенных видов может меняться сама суть выделения нового для науки вида, положенная в основу его первоописания.

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллегам, оказавшим содействие в поиске типовых образцов: куратору водорослевой коллекции SAP, др. Т. Абе (Dr. Tsuyoshi Abe), куратору гербария UPS, проф. С. Экману (Prof. Stefan Ekman), куратору гербария S, др. А. Далсат (Dr. Åsa Dalsätt). Мы также благодарны к.б.н. Т.А. Михайловой за возможность изучить автентичные образцы А.К. Мертенса в гербарном фонде БИН РАН.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ, научный проект № 16-34-00874 мол_а).

Литература

1. Taxonomy and biogeography of *Agarum* and *Thalassiphyllum* (Laminariales, Phaeophyceae) based on sequences of nuclear, mitochondrial, and plastid markers / G.H. Boo, S.C. Lindstrom, N.G. Klochkova, N. Yotsukura, E.C. Yang, H.G. Kim, J.R. Waaland, G.Y. Cho, K.A. Miller, S.M. Boo // *Taxon*. – 2011. – Vol. 60. – P. 831–840.
2. The reclassification of *Lessonia laminarioides* (Laminariales, Phaeophyceae): *Pseudolessonia* gen. nov. / G.Y. Cho, N.G. Klochkova, T.N. Krupnova, S.M. Boo // *Journal of Phycology*. – 2006. – Vol. 42. – P. 1289–1299.
3. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyta) supports substantial taxonomic re-organization / C.E. Lane, C. Mayes, L.D. Druehl, G.W. Saunders // *Journal of Phycology*. – 2006. – Vol. 42. – P. 493–512.
4. A new look at an ancient order: generic revision of the Bangiales (Rhodophyta) / J.E. Sutherland, S.C. Lindstrom, W.A. Nelson, J. Brodie, M. Lynch, M.S. Hwang, H.G. Choi, M. Miyata, N. Kikuchi, M. Oliveira, T. Farr, C. Neefus, A. Mols-Mortensen, D. Milstein, K. Müller // *Journal of Phycology*. – 2011. – Vol. 47. – P. 1131–1151.
5. Interactions between marine facultative epiphyte *Chlamydomonas* sp. (Chlamydomonadales, Chlorophyta) and ceramiacean algae (Rhodophyta) / T.A. Klochkova, G.-Y. Cho, S.M. Boo, K.W. Chung, S. Kim, G.H. Kim // *Journal of Environmental Biology*, special issue «Marine Environmental Biology». – 2008. – Vol. 29. – P. 427–435.
6. Misleading morphologies and the importance of sequencing type specimens for resolving coral-line taxonomy (Corallinales, Rhodophyta): *Pachyarthron cretaceum* is *Corallina officinalis* / K.R. Hind, P.W. Gabrielson, S.C. Lindstrom, P.T. Martone // *Journal of Phycology*. – 2014. – Vol. 50. – P. 760–764.

7. National Center for Biotechnology Information (NCBI). GenBank. – URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> (Assessed on: 07.09.2016).
8. Gel'tman D.V., Sokolova I.V. Botanical nomenclature: Specifics and modern trends of development // Scientific papers of the Institute of Zoology of Russian Academy of Sciences [Trudi Instituta Zoologii RAN]. Supplement № 2. – 2013. – P. 230–237 (in Russian).
9. Brown algae (Phaeophyceae) from Russian Far Eastern seas: re-evaluation of *Laminaria multiplicata* Petrov et Suchovejeva / T.A. Klochkova, G.H. Kim, K.M. Lee, H.-G. Choi, M.N. Belij, N.G. Klochkova // Algae. – 2010. – Vol. 25. – P. 77–87.
10. Yendo K. A monograph of the genus *Alaria* // Journal of the College of Science, Tokyo Imperial University. – 1919. – Vol. 43. – P. 1–145.
11. Widdowson T.B. A taxonomic revision of the genus *Alaria* Greville // Syesis. – 1971. – Vol. 4. – P. 11–49.
12. Myabe K., Nagai M. Laminariaceae of the Kurile Islands. – Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc., 1933. – Vol. 13. – P. 85–102.
13. Petrov Yu.E. Genus *Alaria* Grev. in the seas of the USSR // Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium [Novosti Sistematiki Nizshih Rastenij]. – 1973. – Vol. 10. – P. 49–59 (in Russian).
14. Kawashima S. Laminariacean algae of Japan. – Muroran, 1993. – 230 p.
15. Kraan S., Guiry M.D. Sexual hybridization experiments and phylogenetic relationships as inferred from rubisco spacer sequences in the genus *Alaria* (Phaeophyceae) // Journal of Phycology. – 2000. – Vol. 36. – P. 190–198.
16. Lane C.E., Lindstrom S.C., Saunders G.W. A molecular assessment of northeast Pacific *Alaria* species (Laminariales, Phaeophyceae) with reference to the utility of DNA barcoding // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2007. – Vol. 44. – P. 634–648.
17. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. – URL: <http://www.algaebase.org> (Assessed on: 15.08.2016).
18. Klochkova N.G., Koroleva T.N., Kusidi A.E. Atlas of marine algae of Kamchatka and surrounding areas. – Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. KamchatNIRO, 2009. – Vol. 1 (Green and Brown algae). – 216 P. (in Russian).
19. Klimova A.V., Klochkova N.G. Laminaria algae of eastern Kamchatka and western part of the Bering Sea. History and area of research, new goals // Bulletin of Kamchatka State Technical University [Vestnik KamchatGTU]. – 2014. – Vol. 28. – P. 55–67 (in Russian).
20. Kjellman F.R. Om Beringhafvets algflora // Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademien Handlingar. – 1889. – Vol. 23. – P. 1–58.
21. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne Code). – URL: <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>
22. Stearn W.T. Botanical Latin. History, grammar, syntax, terminology and vocabulary // Newton Abbott: David & Charles. – 1973. – P. i–xiv, [1]–566, 41 figs.
23. Postels A., Ruprecht F. Illustrationes algarum in itinere circum orbem jussu imperatoris Nicolai I. Atque auspiciis navarchi Friderici Lütke annis 1826, 1827, 1828 et 1829 celoce Seniavin exsecuto in Oceano pacifico, inprimis septemtrionale ad littora rossica asiatico-americana collectarum. – Petropoli: Typis Eduardi Pratz, 1840. – 22 p.
24. Silva P.C. The benthic algal flora of central San Francisco Bay // San Francisco Bay: the Urbanized Estuary, T.J. Conomos, eds. – San Francisco: Pacific Division, American Association for the Advancement of Science. – 1979. – P. 287–345.
25. Schapova T.F. Geographic distribution of the representatives of Laminariales in the northern part of the Pacific Ocean // Scientific papers of the Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences [Trudi Instituta Okeanologii RAN]. – 1948. – Vol. 2. – P. 89–138 (in Russian).
26. Zinova E.S. Marine algae of south-eastern Kamchatka // Scientific papers of Komarov's Botanical Institute [Trudi Botanicheskogo Instituta imeni V.L. Komarova]. Series II. – 1954. – Vol. 9. – P. 365–400 (in Russian).
27. Yoshida T. Catalogue of the type specimens of algae preserved in the herbarium, Department of Botany, the University museum, the University of Tokyo // The University of Tokyo Material Reports. – 1991. – № 24. – 17 p., 67 figs.

Информация об авторах
Information about authors

Климова Анна Валерьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; научный сотрудник отдела науки и инноваций; annaklimovae@mail.ru

Klimova Anna Valerevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Researcher of Science and Innovation Department; annaklimovae@mail.ru

Клочкова Татьяна Андреевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, доктор философии биологии; доцент кафедры экологии и природопользования; tatyana_algae@mail.ru

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.); Associate Professor of Ecology and Nature Management Chair; tatyana_algae@mail.ru

Клочкова Нина Григорьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; директор центра научного образования, научных и инновационных проектов; ninakl@mail.ru

Klochkova Nina Grigorevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Director of Center for Scientific Education, Research and Innovation Projects; ninakl@mail.ru

УДК 594.35

Т.А. Клочкова, Г.Х. Ким

**СТАРЕНИЕ И ПАТОГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛЕТОК
У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА МОРСКИХ ЗАДНЕЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ
ELYSIA RISSO, 1818**

Описано явление старения и патогистологические изменения клеток у представителей двух видов морских заднежаберных моллюсков *Elysia atroviridis* и *E. nigrocapitata*. Полученные результаты опровергают высказанное ранее мнение о том, что (1) после откладки яиц видам этого рода свойственно явление синхронизированной смерти из-за живущего в их клетках ретровируса и что (2) синхронизированная гибель всей популяции вызывается апоптозом.

Ключевые слова: *Elysia*, заднежаберные моллюски, зеленые водоросли, клептопластия, аутолизосома, патогистология, старение, трансмиссионный/просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ).

Т.А. Klochkova, G.H. Kim

**SENESCENCE AND PATHOHISTOLOGICAL CHANGES IN CELLS OF THE MARINE
SACOGLOSSAN MOLLUSKS FROM THE GENUS *ELYSIA* RISSO, 1818**

This paper describes the event of aging and pathohistological changes, which occurred in the cells of the marine sacoglossan mollusks *Elysia atroviridis* and *E. nigrocapitata* (Opisthobranchia). Our results contradicted the previously expressed opinion that (1) after laying of the eggs, representatives of the genus *Elysia* exhibit synchronized death due to the disease caused by a retrovirus living in their cells, and that (2) the synchronized death of the whole population is caused by the apoptosis.

Key words: *Elysia*, sacoglossan mollusks, green algae, kleptoplasty, autolysosome, pathohistology, senescence, transmission electron microscope.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-63-73

Введение

В настоящее время существует очень мало данных о старении и продолжительности жизни короткоживущих заднежаберных моллюсков в естественных условиях и в неволе [1–4]. Самым известным объектом исследований в этом направлении стал морской слизень *Elysia chlorotica*, обитающий на восточном побережье США [5]. Согласно существующим данным, продолжительность его жизни составляет приблизительно 10–11 месяцев, и все взрослые особи погибают весной каждого года, сразу после откладки яиц, причем это происходит как в дикой природе, так и в неволе [1–3]. Считается, что их синхронизированная смерть не определяется естественным ритмом жизнедеятельности/биологическими часами, а обусловлена прогрессированием вирусного заболевания, которое наследуется всеми особями в популяции из поколения в поколение (исследование велось 9 лет) [6]. Это утверждение было сделано на основании того, что в цитоплазме, ядрах, аутолизосомах и даже клептопластидах старых слизней были обнаружены отдельные вирусоподобные частицы, и их нахождение совпадало со временем массовой гибели животных [6]. Хотя морфология, размеры и локализация обнаруженных вирусоподобных частиц значительно различались между собой и их молекулярный анализ не проводился, было высказано смелое предположение, что внутри клеток *E. chlorotica* находятся ретровирусы и вирусный геном передается к следующему поколению слизней в ДНК моллюсков [6]. Также было высказано предположение, что вирусы реагируют на ежегодные изменения окружающей среды и убивают слизней весной. Эта гипотеза никогда не была подтверждена экспериментально, но она получила достаточно широкое хождение среди специалистов.

Через четыре года после выхода указанной статьи В.Л. Монди и С.К. Пирс опубликовали результаты других исследований и выдвинули утверждение, что ежегодный жизненный цикл

E. chlorotica является результатом апоптоза, а не некроза, и это явление – «первый пример синхронизированной смерти у многоклеточных животных, регулирующей ежегодным циклом апоптоза» [2, р. 134]. Под апоптозом понимают процесс программируемой клеточной гибели, при котором клетка распадается на отдельные апоптотические тельца, ограниченные плазматической мембраной, а ее фрагменты поглощаются макрофагами либо соседними клетками [7]. Этот процесс обычно продолжается несколько часов и не может остановиться сам по себе естественным образом, поскольку происходит внешняя передача сигнала с помощью рецепторов, располагающихся на поверхности клетки, либо же посредством внутриклеточного сигнала митохондрии высвобождают цитохром *c* и активируется внутриклеточная протеаза, называемая каспазой [8]. Активация различных каспаз гарантирует контролируемый распад клеточных компонентов, что приводит к гибели клетки, оказывая при этом минимальное воздействие на окружающие ткани [9]. Все же апоптоз можно замедлить или остановить на какое-то время при помощи различных препаратов, ингибирующих действие каспаз и других ферментов, вовлеченных в этот процесс.

Отметим, что авторы В.Л. Монди и С.К. Пирс не выполнили никаких экспериментов по ингибции апоптоза у *E. chlorotica*, и сделанный ими вывод в большей мере основывался на том, что наряду с некоторыми другими цитологическими признаками, характерными для апоптоза, в клетках присутствовало большое количество аутолизосом. Также отметим, что они не отказались от своей предыдущей гипотезы о ежегодной смерти популяций моллюсков от вирусов (т. е. от некроза), сказав только, что им «не известно, связана ли ежегодная экспрессия вирусов с началом апоптоза, но вирусы не вызывают некроз клеток» [2, р. 134]. Как было ими сказано, «помимо экспрессии вирусов, одновременно с гибелью популяции происходят несколько других внешних и внутренних событий, которые могут быть вовлечены в передачу сигналов апоптоза. К ним относятся очевидные факторы, такие как повышение температуры воды, увеличение фотопериода и гормональные изменения, связанные с откладкой яиц, но фактический механизм [начала апоптоза] остается неизвестным» [2, р. 134].

Примечательно, что ни в одной из указанных выше статей по *E. chlorotica* не принималось во внимание и не обсуждалось такое явление, как естественное старение особей, и все, что об этом известно, суммировано в одной фразе «В природе взрослые особи живут приблизительно 10 месяцев и часто стареют после спаривания в весенний период» [3, р. 307]. Авторами настоящей статьи была проведена серия наблюдений за представителями двух видов рода морских заднежаберных моллюсков *Elysia* в лабораторных условиях. Ниже мы приводим первое описание процесса старения моллюсков *E. atroviridis* и *E. nigrocapitata*, а также происходящих при этом морфологических и цитологических изменений. Мы также изучили срезы тканей особей *E. nigrocapitata*, перенесших 5-месячное голодание и потерявших 97% исходного веса, чтобы ответить на вопрос, насколько присутствие множественных активных аутолизосом в клетках отражает начало апоптоза.

Материалы и методы

Для проведения лабораторных исследований животных отбирали в периоды максимального пика численности генераций (с 10 по 30 октября для *Elysia nigrocapitata*; с 1 декабря по 10 марта *Elysia atroviridis*). Некоторое количество животных выращивали в инкубационных шкафах в чашках Петри размером 9 × 5 см, наполненных морской средой IMR medium. В термостате поддерживали следующие постоянные условия: температура – 20°C, долгота дня – 12 ч свет : 12 ч темнота, освещенность – 15 $\mu\text{моль фотон} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Остальные животные находились в постоянно аэрируемом аквариуме 150 см длиной, 60 см шириной и 60 см высотой, наполненном профильтрованной морской водой. Аквариум находился в лабораторной комнате при естественном освещении, а температура воды в нем поддерживалась в диапазоне 20±1,5°C.

Водоросли, употребляемые в пищу изученными моллюсками, место их сбора и лабораторные условия для культивирования приводятся в работе Klochkova et al. [10]. Во время проведения экспериментов по кормлению моллюсков водоросли подкладывали в чашку Петри, в которой содержался моллюск, и оставляли там до тех пор, пока все протоплазматическое содержимое водорослевых клеток не было полностью поглощено животным. Затем моллюсков переносили в новые чашки Петри с чистой культуральной средой и свежими талломами водорослей. Исследуемых животных содержали в инкубационных шкафах, где поддерживали сле-

дующие постоянные условия: температура – 20°C, долгота дня – 12 ч свет : 12 ч темнота, освещенность – 15 $\mu\text{моль фотон}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Во время голодания животных держали в тех же условиях, но полностью без водорослевого корма. Эксперименты «кормление-голодание» провели для двух генераций с использованием 20 особей для каждого эксперимента.

Для фотографирования объектов в трансмиссионном электронном микроскопе (ТЭМ) моллюсков содержали в следующих лабораторных условиях: температура – 20°C, долгота дня – 12 ч свет : 12 ч темнота, освещенность – 15 $\mu\text{моль фотон}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Образцы тканей моллюсков изготавливали из отсеченных кусочков параподий после фиксирования всего тела в течение 6 ч при температуре 4°C в фосфорно-солевом растворе (PBS buffer, 22 г NaCl), содержащем 2,5% глутеральдегида. После фиксации в глутеральдегиде образцы тщательно отмывали от фиксирующего раствора путем погружения в морскую воду (3 раза по 5 мин), затем кусочки параподий отсекали лезвием и помещали в 1%-ный раствор OsO_4 в фосфорно-солевом буферном растворе, содержащем ферроцианид калия ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6\cdot 3\text{H}_2\text{O}$) на 2 ч при температуре 4°C. После постфиксации в растворе OsO_4 образцы дегидрировали в сериях растворов этилового спирта с увеличивающейся концентрацией (от 10 до 100%, время каждого выдерживания – 20 мин; 100% – 3 раза). Затем спирт удаляли из образцов путем выдерживания в сериях растворов эпоксидной смолы (Spurr's epoxy resin) с увеличивающейся концентрацией (25, 50, 75%: время каждого выдерживания – 2 ч; 100%, 3 раза: время выдерживания – 2 раза по 6 ч, последний, 3-й раз – 24 ч). Обработанные образцы закатывали в смолу, содержащую затвердитель, и высушивали в течение 1,5 дня в печи при температуре 72°C. Затем их резали на ультрамикротоме с использованием алмазного ножа (толщина срезов – 150 нм), после чего окрашивали 4%-ным раствором уранилацетата и 1%-ным раствором цитрата свинца. После напыления защитного углеродного микрослоя на мембрану-держатель образцов их помещали в трансмиссионный электронный микроскоп Hitachi H-300 (Tokyo, Japan) для дальнейших исследований.

Исследования были выполнены при финансовой поддержке Национального исследовательского фонда Республики Корея и гранта Г.Х. Кима «Extreme Genomics Program». Дополнительное финансирование было получено из проектов «Golden Seed Project» (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) и программы исследований по морским биотехнологиям («Marine Biotechnology Program», PJT200620, genome analysis of marine organisms and development of functional applications, funded by Ministry of Oceans and Fisheries, Korea, to GHNK).

Результаты и обсуждение

Старение *E. atroviridis*

Вид *E. atroviridis* является так называемым фотосинтетическим моллюском, способным ассимилировать водорослевые хлоропласты (т. е. клептопластиды) в свои клетки и длительное время поддерживать их в живом состоянии в качестве резервного пищевого ресурса [5, 10]. Наши наблюдения показывают, что особи *E. atroviridis* являются синхронными гермафродитами, и у них происходит перекрестное спаривание, то есть каждое половозрелое животное производит как сперматозоиды, так и яйцеклетки. В лабораторных условиях одна особь может отложить яйца 3–5 раз, по 1–2 кладки за один раз, обычно это происходит на 5–6-й месяцы их жизни. После откладки яиц все взрослые особи никогда не погибали синхронно и продолжали жить в лаборатории несколько месяцев. У них резко снижался аппетит и уменьшалось потребление корма (диета на 100% состояла из *Bryopsis* spp.). После 8-го месяца жизни они переставали есть и практически не двигались. Наблюдения за поведением животных в лабораторных культурах показали, что в более молодом возрасте они могут устраивать сами себе периоды голодания, отказываясь от любого корма, и несколько недель жить за счет ресурсов клептопластид, регулируя, таким образом, свое физиологическое состояние и тем самым управляя физиологическими процессами и «временем» своей жизни. Однако для откладки яиц им необходимо обильно питаться водорослями, чтобы достичь определенных размеров тела. Это обсуждалось в наших ранних работах по *E. nigrocapitata* [4–5].

К 8-му месяцу жизни у *E. atroviridis* начиналось истощение тканей тела и появлялись видимые дегенеративные изменения. Так, в пищеварительной железе стареющих особей начинал откладываться красно-оранжевый пигмент (рис. 1, а), а у старых особей (10–11 месяцев) все тело было в красно-бурых рубцах, в параподиях возникали бугры, заломы и спайки, а также разрывы

на их краях (рис. 1, б). Затем в начале 11-го месяца жизни тело особей *E. atroviridis* начинало самоуничтожаться (у >70% особей), так что от всего тела живой оставалась только голова. В среднем отмирало и полностью разрушалось до 70–80% тела. Отмирание и отслаивание клеток всегда начиналось от кончика хвостовой части и постепенно продвигалось к основанию шеи (рис. 1, в). При этом в течение 2–3 недель моллюски оставались живыми и реагировали на механические раздражители, например на касание пинцетом: передвигались по дну чашки Петри на остатке ноги, двигали головой и ринофорами. Автолиз пароподий не был вызван инвазией патогенных организмов, например грибов или бактерий, поскольку во всех случаях разрушающийся край оставался неинфицированным. Поскольку мы наблюдали это явление в разные годы у многочисленных особей из трех генераций, и оно всегда начиналось на излете их жизни, мы полагаем, что это возрастные изменения *E. atroviridis*, предшествующие ее естественной смерти. Максимальная продолжительность ее жизни в неволе составила 11 месяцев. В природе этот вид моллюсков является сезонным, и взрослые особи погибают ежегодно [2010].

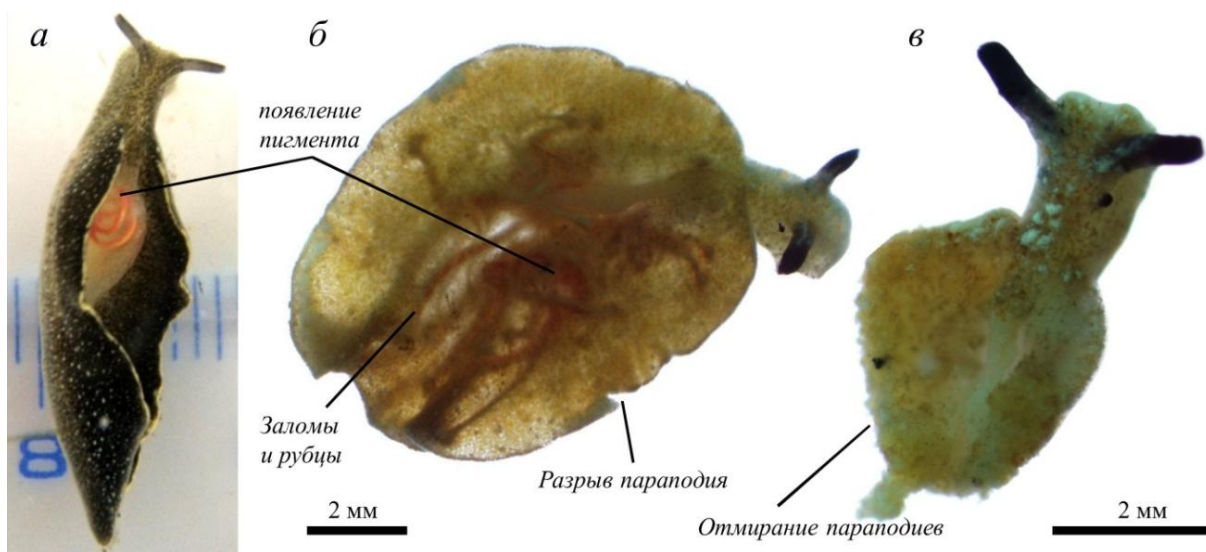


Рис. 1. Старые особи *Elysia atroviridis* и произошедшие с ними изменения:

а – через 7 месяцев жизни моллюска в пищеварительной железе начал откладываться красно-оранжевый пигмент;
 б – к 10-му месяцу жизни моллюска все его тело было в красно-бурых рубцах, в пароподиях возникали бугры, заломы и спайки; в – к концу 11-го месяца жизни от моллюсков оставалась только голова с практически полностью разрушенным телом, при этом моллюски оставались живыми

Fig. 1. Old animals of *Elysia atroviridis* and changes, which happened to them:

а – some red-orange colored pigment started to appear in the digestive gland of 7 months-old mollusk;
 б – in 10 months-old mollusks the whole body was covered with red-brown scars, bumps and creases;
 в – at the end of the 11th month of the mollusk's life only the head remained, while the body was almost completely destroyed; the mollusk was still alive at this stage

Цитологические изменения у *E. nigrocapitata*, вызванные длительным голоданием

Второй изученный нами моллюск, *E. nigrocapitata*, также является «фотосинтетическим», и он примечателен тем, что способен выжить без пищи пять месяцев [4, рис. 2]. Описание цитологического строения откормленных особей приводится в нашей ранее опубликованной статье [4]. В настоящей работе мы впервые показываем срезы тканей особей, перенесших голодание в течение пяти месяцев (рис. 3). У них отсутствуют хорошо оформленные, дифференцированные слои вакуоль- и хлоропластсодержащих клеток, которые всегда присутствуют у откормленных особей [4]. Анатомия саккоглот, перенесших длительное голодание, до сих пор детально никем не изучалась, поэтому мы не можем с уверенностью сказать, что происходит с их внутренними органами, в частности с пищеварительной железой. Найти принадлежащие ей специфические клетки нам не удалось, поэтому мы предполагаем, что в ходе длительного голодания она атрофируется.

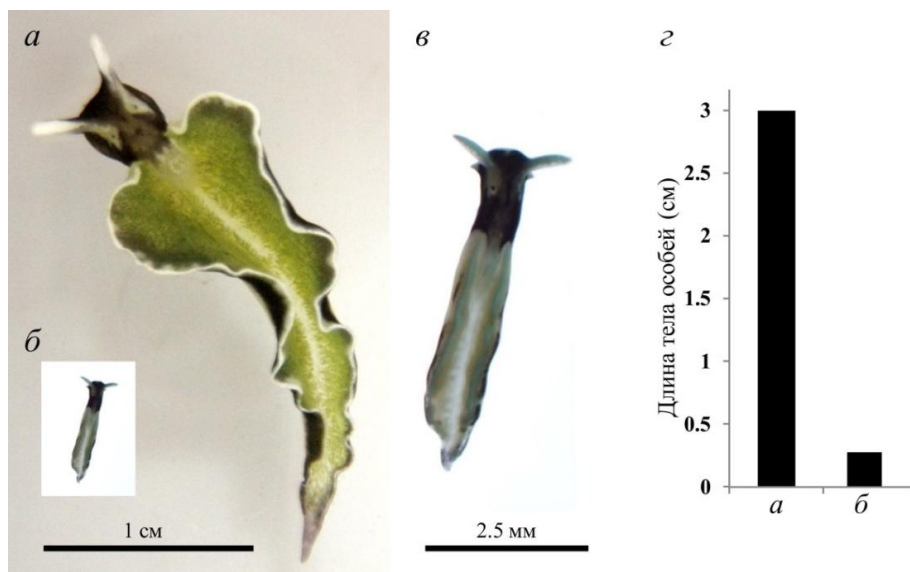


Рис. 2. Различия размеров тела у одной и той же особи *Elysia nigrocapitata*: а – откормленной; б – перенесшей 5-месячное голодание; в – увеличенная фотография особи, перенесшей голодание; г – абсолютные изменения размеров тела у особи, показанной на рис. а – б

Fig. 2. Differences in the body sizes in the same animal of *Elysia nigrocapitata*: а – well-fed mollusk; б – after 5 months of starvation; в – enlarged photo of the mollusk, which survived for 5 months without any food algae; г – absolute changes in the body sizes of the animal shown in figs. а – б

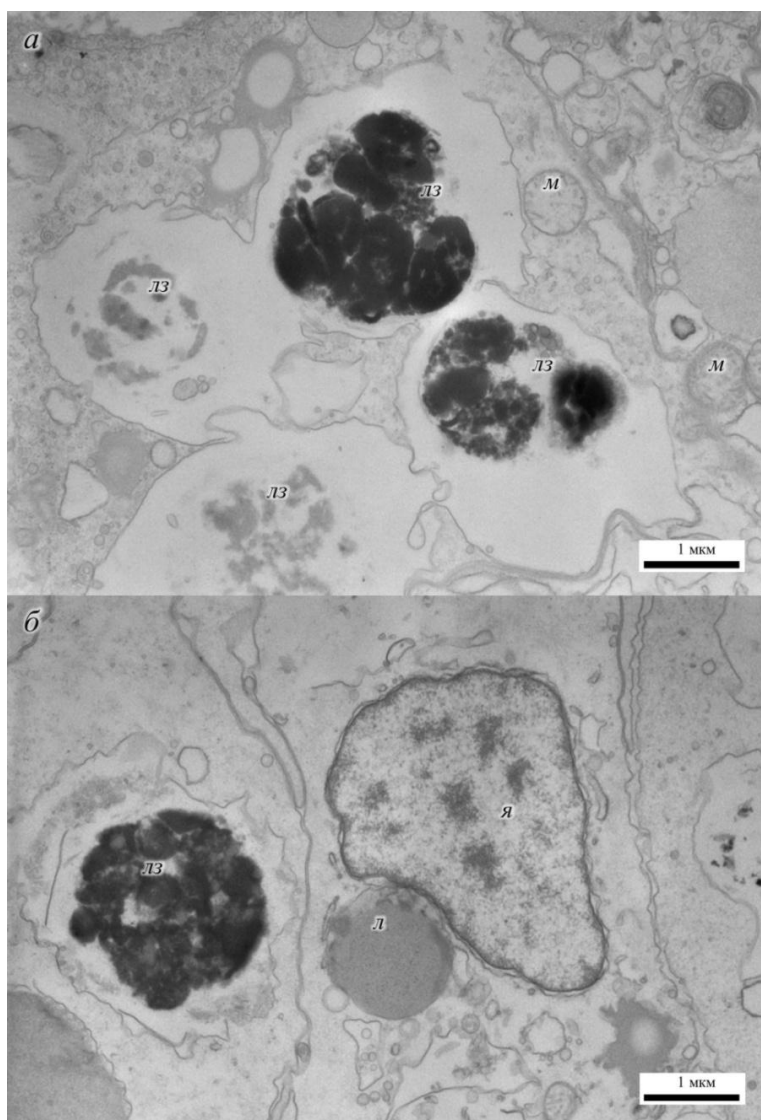


Рис. 3. Микрофотографии цитологического строения *Elysia nigrocapitata*, полученные с помощью ТЭМ: а – в клетках особей, подвергшихся голоданию в течение 5 месяцев, очень много аутолизосом; б – ядро в непосредственной близости от липидной капли. лк – липидная капля, лзм – аутолизосома, м – митохондрия, я – ядро

Fig. 3. Transmission electron micrographs of the cells in *Elysia nigrocapitata*: а – the cells of 5 months-starved mollusks contained numerous autolysosomes; б – nucleus, which is located next to the lipid droplet. лк – lipid droplet, лзм – autolysosome, м – mitochondrion, я – nucleus

Мы полагаем, что в ходе голодания имеет место автолиз и самопереваривание содержимого вакуоль- и хлоропластсодержащих клеток и межклеточных липидных капель. Проведенные нами исследования показали, что в течение первых двух месяцев полного голодания все особи утратили зеленую окраску, следовательно, в числе первых были утилизированы все хлоропластсодержащие клетки. Вслед за этим стали расходоваться вакуольсодержащие клетки, внутриклеточные и находящиеся в межклеточном веществе липидные капли. К пятому месяцу голодания это привело к 93–97%-й потере животными веса и размеров (рис. 2, б – г). Клетки эпителиальной ткани голодных особей утратили отчетливые очертания и мозаичное расположение, их мембраны стали более рыхлыми. Количество аутолизосом в них заметно увеличилось по сравнению с клетками откормленных особей, причем большинство аутолизосом были электроннепроницаемыми (черными), то есть в активной стадии (рис. 3, а). В клетках оставались маленькие липидные капли, которые, по-видимому, являлись последним доступным пищевым/энергетическим ресурсом в условиях полного голодания (рис. 3, б). Несмотря на то, что клетки голодных особей содержали большое количество аутолизосом, их множественное присутствие само по себе не отражало начало апоптоза. При восстановлении режима кормления редуцированный моллюск начинал восстанавливать исходные размеры тела. Затем особи могли прожить еще несколько месяцев, а в самом уникальном случае до 2–3 лет.

Старение *E. nigrocapitata*

Наши наблюдения показывают, что особи этого вида моллюсков, как и *E. atroviridis*, являются синхронными гермафродитами и у них происходит перекрестное спаривание. Как и в описанном выше случае с *E. atroviridis* после откладки яиц все взрослые особи *E. nigrocapitata* никогда не погибали синхронно и продолжали жить в лаборатории несколько месяцев. У этого вида элизий максимальная продолжительность жизни в неволе составила три года (пять особей). В природе этот вид моллюсков является сезонным, и его взрослые особи погибают ежегодно [4]. Старение *E. nigrocapitata* не сопровождалось заметными дегенеративными изменениями тела, как у *E. atroviridis*. Оно выражалось в том, что особи прекращали потреблять водорослевый корм и за несколько месяцев редуцировались до 2–3 мм в длину, после чего умирали.

Однако у *E. nigrocapitata* было зафиксировано другое необычное явление (рис. 4). Оказалось, что у нее от всего тела тоже живой может оставаться только голова. Особь, у которой мы это наблюдали, была собрана в природе 7 октября 2010 г., и на тот момент она достигала 17 мм длины. В ходе лабораторного эксперимента по кормлению моллюсков она сначала перенесла 5-месячное голодание. За это время ее размер уменьшился с 3 см до 3 мм, а масса тела снизилась почти на 97% (рис. 2, б). За следующий месяц обильного кормления она восстановила исходные размер и массу тела и затем отложила четыре кладки яиц, последнюю из них в апреле 2011 г. Затем эта особь продолжила жить еще более двух лет, не откладывая яиц.

После 1-го года жизни у нее резко снизился аппетит и уменьшилось потребление корма (диета на 50% состояла из *Chaetomorpha moniligera* и на 50% из *Phyllocladon orientale*). Так, если в 1-й год жизни эта особь съедала одно длинное растение *C. moniligera* в сутки, то во 2-й год жизни такого растения ей хватало на 1–2 недели. К концу 2-го года жизни тело животного почти перестало двигаться. Когда моллюску надо было поесть, что случалось крайне редко, он переворачивался, вставал на ногу и подтягивал себя к корму. Его пароподии более не реагировали на свет и не расправлялись, а тело не изгибалось дугой и ползло по прямой линии. В промежутках между поеданием корма животное лежало на боку неподвижно.

Через 2,5 года содержания моллюска в лаборатории на его шее образовался большой пузырь с воздухом (рис. 4, а). Он становился все больше, давление внутри него резко возрастало, и через несколько дней пузырь лопнул. На его месте образовался обширный раневой рубец. Подобный пузырь с воздухом формировался еще три раза, и каждый раз он взрывался, и раневой рубец становился все больше и глубже. После пятого, последнего разрыва пузыря голова животного отделилась от тела. Тело без головы не подавало никаких признаков жизни. Голова, напротив, была живой и подвижной (рис. 4, б – г). Она активно шевелила ротом, ринофоры реагировали на механические раздражители. После самоотделения от неподвижного тела голова *E. nigrocapitata* самостоятельно перевернулась, встала на остаток ноги и поползла по дну чашки Петри, хотя до этого моллюск более 1-го года оставался неподвижным. Не имея пищевода и желудка, она, условно, не могла есть. Тем не менее она подходила к водорослям, трогала их ринофорами, дви-

гала ртом и вела себя в целом как обычный моллюск. В последние две недели она резко уменьшилась в объеме, и к концу жизни потеряла 1/2 первоначального размера. На кончиках обоих ринофоров одновременно стали отмирать и отслаиваться клетки, из-за чего за два дня они превратились в едва заметные бугорки. В целом голова прожила 40 дней, при этом 27 из них она активно двигалась, что было зафиксировано нами серией видеоклипов, снятых под микроскопом в формате «настоящего времени» (рис. 4, д – н).

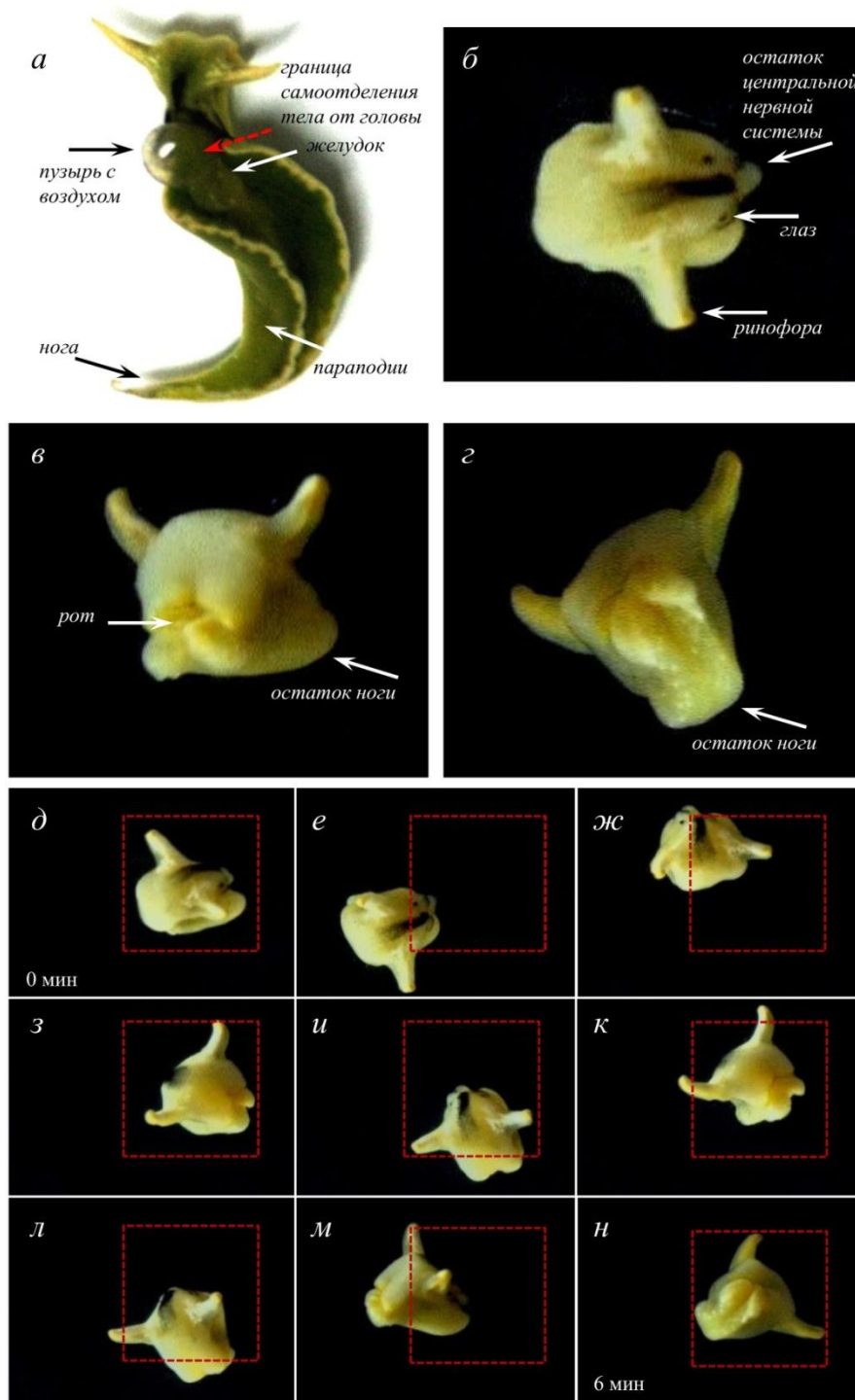


Рис. 4. Старая особь *Elysia nigrocapitata* и произошедшие с ней изменения: а – через 2,5 года жизни на шее моллюска образовался большой пузырь с воздухом; б – г – к концу 3-го года жизни от моллюска осталась одна голова, самостоятельно отделившаяся от полностью атрофированного тела; д – н – подвижная голова *E. nigrocapitata* через 8 дней после отделения от тела. Фотографии являются вырезками из видеоклипа длиной 6 мин, снятого в формате «настоящего времени» под микроскопом Olympus ZX10. Красный квадрат имеет одни и те же координаты и показывает самостоятельное перемещение (т. е. движение) головы за 6 мин

Fig. 4. Old animal of *Elysia nigrocapitata* and changes that happened: а – large air bubble formed on the neck of 2.5 years-old animal; б – г – by the end of 3rd year of the mollusk's life only its head remained, which somehow separated from the completely atrophied body; д – н – actively moving head of *E. nigrocapitata* at 8 days after separation from the atrophied body. Images were cropped from the video clip (6 min long) recorded in the "real time" format under an Olympus ZX10 microscope. Red square has the same coordinates in all frames and marks movement trajectory of the head for 6 min

Поскольку подобное явление ранее никогда не описывалось, мы провели патогистологические исследования тела у этой особи и выявили ряд различных изменений в клетках и тканях (рис. 5–6). Для этого были изучены срезы тканей атрофированного тела, зафиксированного в растворе глутеральдегида сразу после его отделения от головы. В качестве контрольной группы использовались образцы, приготовленные из пароподий молодых особей *E. nigrocapitata* 1-го года жизни.

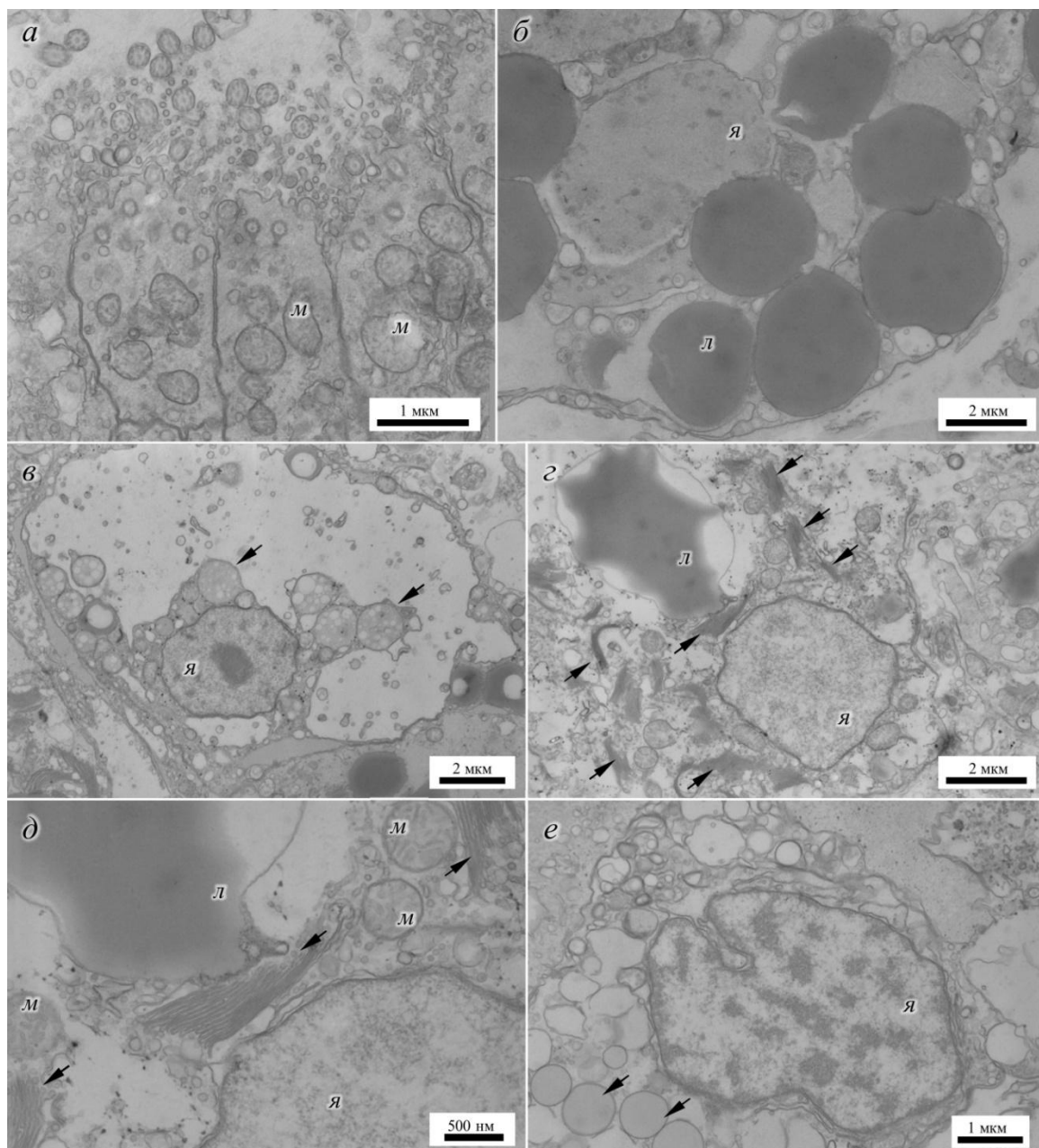


Рис. 5. Микрофотографии цитологического строения отделившегося тела *Elysia nigrocapitata*, полученные с помощью ТЭМ: а – ресничный эпителий; б – множественные мелкие липидные капли, локализованные в клетках, располагающихся под слоем эпителиальной ткани (также показаны стрелками на рис. е); в – утратившая отчетливые очертания вакуольсодержащая клетка. Вакуоль наполнена множеством пузырьков (показаны стрелками); г – е – морфологические изменения ядер и гранулярной эндоплазматической сети, разорвавшейся на множество мелких фрагментов (г – е, показаны стрелками). лк – липидная капля, м – митохондрия, я – ядро

Fig. 5. Transmission electron micrographs of the cells in the body, which separated from the head of *Elysia nigrocapitata*: а – epithelium with cilia and microvilli; б – multiple small lipid droplets in the cells, which localized under a layer of epithelial tissue (also shown with arrows in fig. e); в – vacuole-containing cells lost turgor and shape, and the vacuole was filled with numerous vesicles (arrows); г – е – morphological changes of nuclei and granular endoplasmic reticulum, which broke down into numerous small fragments (г – е, arrowheads). лк – lipid droplet, м – mitochondrion, я – nucleus

Оказалось, что хлоропласты внутри клеток атрофированного тела 3-летнего моллюска отсутствовали, что явно указывало на то, что водорослевая протоплазма к тому времени переварилась. Клетки эпителиальной ткани утратили отчетливые очертания, их мембраны стали рыхлыми, но в целом эпителий был без видимых повреждений и не инфицирован патогенными организмами (рис. 5, а). В клетках под слоем эпителиальной ткани оставались множественные мелкие липидные капли, являющиеся, как мы уже говорили выше, запасным питательным материалом, способствующим выживанию *E. nigrocapitata* в условиях длительного голодания. Круп-

ных липидных капель, которые мы всегда находили в межклеточном веществе здоровых откормленных особей [4], не было. Вакуольсодержащие клетки утратили отчетливые очертания, а сама вакуоль была наполнена множеством пузырьков (рис. 5, в). Ядра во всех клетках разбухли, стали в среднем в 1,5–2 раза больше в поперечнике, чем в клетках молодых особей (рис. 5, з, е), у них появились выпячивания ядерной оболочки (рис. 5, е), хроматин мог быть конденсированным (рис. 5, в, е) либо рассеянным (рис. 5, з). Обширная гранулярная эндоплазматическая сеть, в норме окружающая ядро, была разорвана на множество мелких фрагментов (рис. 5, з – д). В клетках всех типов находилось много митохондрий, и примерно у половины из них имелись признаки разрушения мембраны (рис. 5, а). В межклеточной жидкости было много завернутых или дисперсных волокнистых структур (рис. 6, а – в) и комбинированных газово-жидкостных вакуолей разного размера (рис. 6, з – д), которых мы никогда не видели у здоровых молодых особей. Возможно, газово-жидкостные вакуоли стали причиной образования газового пузыря на шее животного. Количество аутолизосом увеличилось не слишком заметно по сравнению с клетками откормленных особей, однако обнаруженные аутолизосомы были электроннепроницаемыми (черными), то есть в активной стадии (рис. 6, е). Мы не обнаружили вирусов и вирусных частиц в клетках и межклеточной жидкости молодых и старой особей *E. nigrocapitata*.

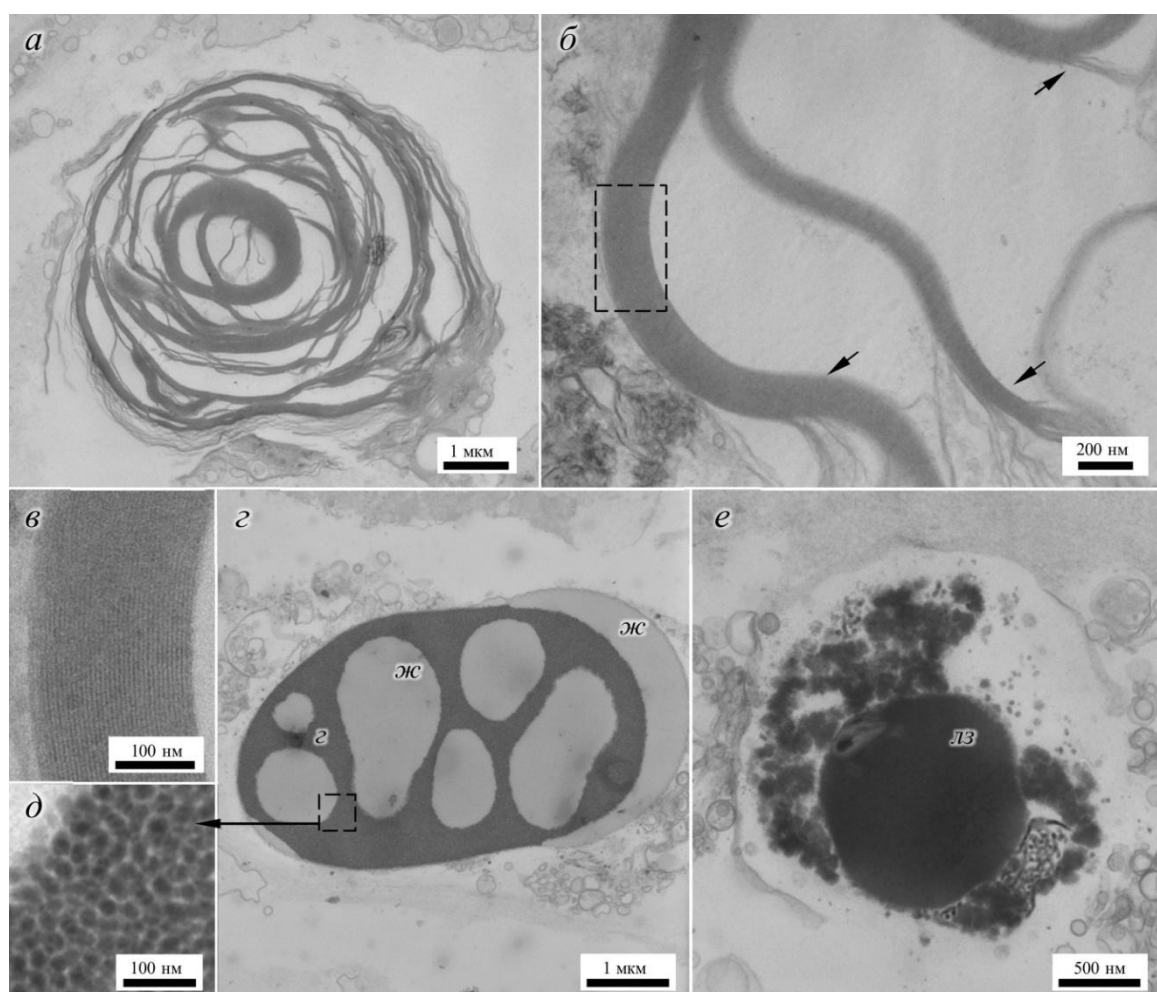


Рис. 6. Микрофотографии цитологического строения отделившегося тела *Elysia nigrocapitata*, полученные с помощью ТЭМ: а – б – в межклеточной жидкости находилось много завернутых (а) или дисперсных (б) волокнистых структур (показаны стрелками); в – увеличенный фрагмент волокнистой структуры, отмеченной рамкой на рис. б; з – газово-жидкостная вакуоль в межклеточном веществе; д – увеличенный фрагмент газовой-жидкостной вакуоли, показывающей ее строение; е – в клетках находилось очень много аутолизосом. з – газ, жс – жидкость, лз – аутолизосома

Fig. 6. Transmission electron micrographs of the cells in the body, which separated from the head of *Elysia nigrocapitata*: а – б – extracellular fluid contained numerous coiled (а) or disperse (б) fiber-like structures (arrows); в – enlarged fragment of the fiber-like structure marked with the frame in Fig. б; з – the gas-fluid vacuole, which was localized in the extracellular fluid; д – an enlarged fragment of the gas-liquid vacuole, showing its structure; е – the cells also contained numerous autolysosomes. з – gas, жс – fluid, лз – autolysosome

Заключение

Наши цитологические исследования не выявили наличия вирусов в клетках исследованных элизий, и сделанный группой С.К. Пирса частный вывод на основании наблюдений за *E. chlorotica* [6] не дает оснований для каких-либо обобщений и не должен распространяться на другие виды этого рода. Нам представляется странным утверждение, что у *E. chlorotica* спаривание и откладка яиц происходят на самом излете жизни (9–10 месяцев) [3], после чего все особи синхронно погибают [1–3, 6]. Как показывают наши наблюдения, к концу жизни у элизий начинается истощение тканей тела, появляются дегенеративные изменения, и они в принципе становятся не способными к размножению.

При исследовании тканей старых особей *E. chlorotica* с помощью светового и трансмиссионного электронного микроскопов была зарегистрирована дегенерация пищеварительного diverticuла, расширение эндоплазматической сети и аппарата Гольджи, фрагментация ДНК, формирование первичных лизосом и конденсация хроматина, что было названо признаками апоптоза [2]. Схожие изменения были обнаружены и нами у старых особей *E. atroviridis* и *E. nigrocapitata*, однако мы полагаем, что эти изменения были вызваны старением и последующим некрозом. Следует учитывать тот факт, что в случае с *E. chlorotica* так называемый апоптоз не был подтвержден экспериментально. Авторы могли наблюдать последовательные стадии альтерации клеток, вызванные общепатологическими процессами, наблюдаемыми во время старения.

Удивительным свойством исследованного нами «фотосинтетического» моллюска *E. nigrocapitata* оказалась его способность наращивать и многократно сокращать в ходе голодания объем своего тела и оставаться живым при самой крайней степени его редукции (т. е. потеря 93–97% исходного веса). Присутствие в клетках большого количества аутолизосом не являлось признаком начала апоптоза. Во-первых, аутолизосомы всегда находятся в клетках молодых откормленных особей обоих видов, еще до начала голодания. Кроме того, в клетках особей, перенесших длительное голодание, находилось гораздо большее количество активных аутолизосом, однако при восстановлении режима кормления редуцированный моллюск восстанавливал исходные размеры тела и жил еще несколько месяцев или лет.

Старение особей выражается в медленной деградации и постепенном разрушении тела моллюсков, при этом от них может оставаться практически одна голова. Однако даже в этом, казалось бы, фатальном случае они длительное время остаются живыми. Это необычное для мира живой природы явление поможет глубже понять, что такое жизнь, каковы границы, определяющие возможность ее продолжения при потере многоклеточным организмом важнейших органов и систем органов. Что касается заднежаберных моллюсков, то описанные случаи свидетельствуют об их чрезвычайной способности к сохранению жизнеспособности в самых экстремальных условиях.

Литература

1. Mondy W.L., Pierce S.K. Annual sea slug population's life cycle is the result of apoptosis // Microscopy and Microanalysis. – 2002. – Vol. 8. – Suppl. 2. – P. 1086CD–1087CD.
2. Mondy W.L., Pierce S.K. Apoptotic-like morphology is associated with annual synchronized death in kleptoplastic sea slugs (*Elysia chlorotica*) // Invertebrate Biology. – 2003. – Vol. 122. – P. 126–137.
3. The making of a photosynthetic animal / Rumpho M.E., Pelletreau K.N., Moustafa A., Bhattacharya D. // The Journal of Experimental Biology. – 2011. – Vol. 214. – P. 303–311.
4. Morphology, molecular phylogeny and photosynthetic activity of the sacoglossan mollusk, *Elysia nigrocapitata*, from Korea / Klochkova T.A., Han J.W., Chah K.-H., Kim J.-H., Kim K.Y., Kim G.H. // Marine Biology. – 2013. – Vol. 160. – P. 155–168.
5. Клочкова Т.А. Обзор явления клептопластии у морских заднежаберных моллюсков // Вестник КамчатГТУ. – 2016. – № 37. – С. 57–69.
6. Annual viral expression in a sea slug population: Life cycle control and symbiotic chloroplast maintenance // Pierce S.K., Maugel T., Rumpho M.E., Hanten J., Mondy W.L. // The Biological Bulletin. – 1999. – Vol. 197/6. – P. 1–6.

7. *Green D.* Means to an end: Apoptosis and other cell death mechanisms // Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2011/ ISBN 978-0-87969-888-1.
8. *Pop C., Salvesen G.S.* Human caspases: Activation, specificity, and regulation // The Journal of Biological Chemistry. – 2009. – Vol. 284. – P. 21777–21781.
9. Disruption of cellular homeostasis induces organelle stress and triggers apoptosis like cell-death pathways in malaria parasite / *Rathore S., Datta G., Kaur I., Malhotra P., Mohammed A.* // Cell Death & Disease. – 2015. – Vol. 6. – P. e1803.
10. Feeding specificity and photosynthetic activity of Korean sacoglossan mollusks / *Klochkova T.A., Han J.W., Kim J.H., Kim K.Y., Kim G.H.* // Algae. – 2010. – Vol. 25. – P. 217–227.

Информация об авторах
Information about authors

Клочкова Татьяна Андреевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.); доцент кафедры экологии и природопользования; tatyana_algae@mail.ru

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of biological sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Associate Professor of Ecology and Nature Management Chair; tatyana_algae@mail.ru

Ким Гван Хун – Национальный университет Конджу, факультет биологических наук; Конджу 314–701, Республика Корея; доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, декан колледжа естественных наук; ghkim@kongju.ac.kr

Kim Gwang Hoon – Kongju National University, Department of Biology; Kongju 314–701, Korea; Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Dean of College of Natural Sciences; ghkim@kongju.ac.kr

УДК 66.02:639.4

Н.Н. Ковалев, Г.Н. Ким, Е.В. Михеев, Ю.М. Позднякова, Р.В. Есипенко

ИЗУЧЕНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ТЕХНОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ ГРЕБЕШКА ПРИМОРСКОГО

Проведены исследования по содержанию белка, липидов и микроэлементов в мантии и мускуле-замыкателе гребешка приморского (*Patinopecten yessoensis*). Анализ фракционного состава мышечных белков гребешка показал сезонное изменение в течение весенне-осеннего периода. В мускульных тканях гребешка преимущественно содержатся водо- и щелочерастворимые белки, уровень количественного содержания которых изменяется в течение летнего сезона. Наибольшее содержание исследуемых белков в мускуле гребешка отмечено в мае и июне. Динамика показателей фракционного состава белков совпадает с периодом репродуктивного цикла моллюсков. Определена активность кислых, щелочных и нейтральных протеаз в различных тканях и органах гребешка: в гонадах, гепатопанкреасе и стебельке приморского гребешка. Гонады и гепатопанкреас гребешка характеризуются высокой протеолитической активностью. Возрастание протеолитической активности связано с физиологическими и биохимическими процессами созревания гонад и может быть использовано как дополнительный критерий оценки их зрелости. В гемолимфе моллюсков выявлена незначительная активность кислых и щелочных протеаз в некоторые месяцы летнего периода. Проведено исследование холинэстеразной активности гемолимфы моллюска. Анализ сезонной динамики холинэстеразной и протеолитической активности в гемолимфе моллюска показал зависимость от стадий гаметогенеза и нереста.

Ключевые слова: гребешок, мускул-замыкатель, мантия, гемолимфа, технохимический состав, холинэстераза, протеазы.

N.N. Kovalev, G.N. Kim, E.V. Mikheev, Y.M. Pozdnyakova, R.V. Esipenko

RESEARCHING THE SEASONAL DYNAMICS OF TECHNOCHEMICAL COMPOSITION AND ENZYME ACTIVITY IN SCALLOP TISSUE

The researches on the content of protein, lipids and minerals in mantle and adductor muscle of scallop (*Patinopecten yessoensis*) were conducted. The analysis of fractional composition of scallop muscle protein has shown seasonal variation during the spring and autumn period. The scallop muscle tissues mainly contain water and alkali-soluble proteins. The level of the quantitative content of which varies during the summer season. The highest content of the studied proteins in the scallop muscle was observed in May and June. The dynamics in the indicators of protein fractional composition coincides with the period of the reproductive cycle of mollusks. The activity of acid, alkaline and neutral proteases in different tissues and organs of scallops: in gonads, hepatopancreas and stalk scallop is determined. Gonads and hepatopancreas of scallop are characterized by high proteolytic activity. The increase in the proteolytic activity is associated with physiological and biochemical processes of gonad maturation and can be used as an additional criterion for assessing their maturity. Insignificant activity of acid and alkaline proteases in some summer months is found in the hemolymph of molluscs. The research of the cholinesterase activity of the mollusk hemolymph is conducted. The analysis of seasonal dynamics of cholinesterase and proteolytic activity in the hemolymph of the mollusk has shown the dependence on gametogenesis and spawning stages.

Key words: scallop, adductor muscle, mantle, hemolymph, technochemical composition, cholinesterase, proteases.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-74-80

Введение

Морской гребешок относится к числу ценных морских двустворчатых моллюсков. Это диетический, высокобелковый, низкокалорийный, нежирный морепродукт. Его мясо является источником полноценных белков, водорастворимых витаминов, минеральных, экстрактивных и других биологически активных веществ, улучшающих иммунитет, обмен веществ в организме, усвояемость компонентов пищи.

Добыча гребешка осуществляется, как правило, в летнее время года после его нереста. Однако в связи с изменениями физиологического состояния происходят изменения технхимического состава его мягких тканей, которые до настоящего времени мало исследованы [1].

Двустворчатые моллюски, и в частности гребешок, являются также объектами экологических исследований, так как способны накапливать в своих тканях поллютанты различной химической природы. Проблема мониторинга среды обитания и мест промысла гидробионтов с целью оценки безопасности продукции рыболовства и аквакультуры вследствие широкого применения токсических соединений в быту, производстве и сельском хозяйстве приобретает особую актуальность. Ферменты двустворчатых моллюсков используются как биоиндикатор загрязнения окружающей среды различными поллютантами, в том числе органическими соединениями [2].

Наиболее перспективными для разработки методов оценки загрязнения среды обитания являются гидролазы гидробионтов, отличающиеся высокой чувствительностью и специфичностью к действию пестицидов, токсичных металлов, фосфорорганических соединений и других токсикантов [3].

Целью данной работы являлось исследование сезонной динамики технхимического состава и активности гидролаз различных тканей гребешка приморского *Patinopecten yessoensis*.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовался гребешок приморский (*Patinopecten yessoensis*), отобранный в бух. Северной с апреля по октябрь 2015 г. (зал. Славянка, Японское море).

Содержание воды в тканях проводили по ГОСТ 7636 [4].

Содержание белка в тканях гидробионтов определяли по методу Лоури [5]. Для щелочерастворимых белков в качестве растворителя использовали 0,01 N NaOH, для солерастворимых – 7%-ный водный раствор NaCl.

Содержание липидов определяли по методу Фолча [6].

Определение содержания микро- и макроэлементов проводили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре фирмы «Shimadzu» AA-6800 с использованием пламенного и беспламенного вариантов метода. В качестве атомизатора используется однощелевая горелка, в качестве горючей смеси – ацетилен-воздух. Фон корректировался дейтериевой лампой. В качестве стандартных образцов использовали государственные стандартные образцы растворов металлов – ГСОМ.

Протеолитическую активность в гемолимфе гребешка определяли по методу Каверзневой [7]. Для этого использовали 2%-ный раствор казеина (в растворимое состояние переводили нагреванием до 100°C) в 0,05 М фосфатном буфере pH 8,0 или 2%-ный раствор гемоглобина в 0,2 М ацетатном буфере (pH 3,4) и в 0,05 М фосфатном (pH 6,0).

Источником фермента холинэстеразы служил центрифугат (1000 g) гемолимфы гребешка. В качестве субстрата холинэстеразы использовали пропионилтиохолин (ПТХ) (ICN, США). Скорость холинэстеразного гидролиза субстрата определяли калориметрическим методом Элмана [8].

Результаты и обсуждение

При разделке гребешка в пищу используется, как правило, только мускул-замыкатель. Мантия и гонады гребешка либо не используются, либо служат сырьем для получения БАВ и БАД к пище [3]. Вместе с тем данное сырье может служить источником пищевого белка, что может быть подтверждено исследованием их компонентного состава.

Определение компонентного состава тканей гребешка показало, что ткани мускула и мантии сильно обводнены (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав мускула и мантии гребешка

Ткань	Содержание веществ, %				Содержание микроэлементов, мг/кг			
	вода	белок	липиды	зола	Ca	Mg	K	Na
Мускул	70–75 72,5	15,5–17 16,3	1,3–1,5 1,4	1,7–1,9 1,8	1702	184	1510	1300
Мантия	79–81 80	10–11,2 10,6	0,9–1,2 1,05	1,8–1,9 1,7	1742	219	1560	1450

Примечание. В числителе указаны вариации значений показателя, в знаменателе – его среднее значение.

Ткани мантии более обводнены, чем ткани мускула. Содержание липидов в тканях составляет не более 1,5%, а зола до 1,9%. Исследованные ткани более всего различаются по содержанию белка: его содержание в мускуле почти на 6% больше, чем в мантии. По химическим показателям мантия и мускул могут быть отнесены к высокобелковому сырью с низким содержанием липидов.

Исследованные ткани гребешка характеризуются высоким содержанием физиологически важных микроэлементов: кальция, калия и натрия. Употребление в пищу 100 г мускула-замыкателя обеспечивает поступление в организм 21% суточной нормы кальция, 7% магния и 6% калия.

Следует отметить, что определение концентрации физиологически важных микроэлементов показало, что по их содержанию изученные ткани гребешка не различались.

Из литературных источников известно, что мантия и мускул гребешка содержат значительные количества витамина В₁₂ (225 мг/г), рибофлавина (92 мг%) и тиамин (90 мг%) [1].

Биологическую ценность мяса в наибольшей степени определяют белки. В составе мяса и мясопродуктов содержатся простые и сложные белки, среди них имеются водо-, соле- и щелочерастворимые, обеспечивающие, например, такие важные показатели, как водоудержание, набухаемость и растворимость. Известно, что белки мяса рыб отличаются по своему составу от белков мяса наземных животных высоким содержанием миофибриллярных белков и низким содержанием белков стромы [9].

Был проведен анализ фракционного состава белков в мантии гребешка. Количественные данные по содержанию отдельных фракций представлены в табл. 2.

Таблица 2

Фракционный состав белков мантии гребешка (мг/г ткани)

Месяц	Водорастворимые	Щелочерастворимые	Солерастворимые
Июль	16,8	13,9	6,8
Август	10,5	11,4	4,5

Из представленных в табл. 2 данных следует, что основным компонентным составом мантии гребешка являются водо- и щелочерастворимые белки. Также показано, что содержание белков

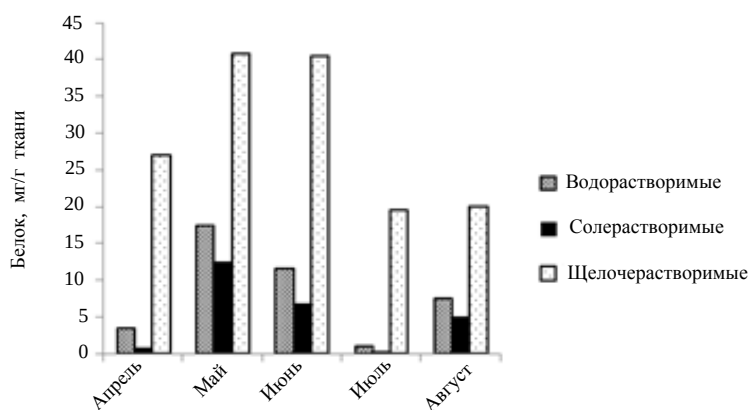


Рис. 1. Фракционный состав белков (мг/г ткани) мускула-замыкателя гребешка

бешка отмечено в мае и июне (рис. 1). Из представленного рисунка видно, что фракционный состав белков значительно изменяется в течение летнего периода. Для всех белков отмечается тенденция к увеличению их количества с апреля по май, и значительное уменьшение к середине летнего периода (июль). При этом в июле отмечается резкое падение содержания в мускуле солерастворимых белков (в 42 раза по сравнению с маем). Динамика показателей фракционного состава белков совпадает с периодом репродуктивного цикла моллюсков.

Активность протеолитических ферментов в различных тканях морских организмов может являться показателем физиологического состояния объектов. Было проведено определение активности кислых, щелочных и нейтральных протеаз в гонадах, гепатопанкреасе и стельке приморского гребешка (табл. 3).

в мантии уменьшалось в течение рассмотренного периода.

Концентрация белков в мускульной ткани зависит от сезона вылова моллюска, стадии его репродуктивного цикла, условий обитания. Проведенное сравнительное исследование фракционного состава белков мускула-замыкателя гребешка показало, что данный показатель значительно изменяется в течение летнего периода (см. рис. 3).

Наибольшее содержание исследуемых белков в мускуле гре-

Таблица 3

Активность протеолитических ферментов в тканях морского гребешка, Е/г

Источник/фермент	Протеазы, Е/г		
	Щелочные	Нейтральные	Кислые
Гонады ♀	0,14	0,048	0,4
Гонады ♂	0,16	0	0,16
Гепатопанкреас	0,08	0,3	3,6
Стебелек	0	0	0

Протеолитическая активность обнаружена во всех исследуемых тканях гребешка, кроме стебелька, что согласуется с его функциями. Стебелек образуется в особом мешковидном органе и представляет собой стекловидную палочку студенистого вещества, состоящего из белка типа глобулина с адсорбированными в нем ферментами (амилаза и др.), способными гидролизовать углеводы (крахмал, гликоген) [10].

Наибольшая протеолитическая активность обнаружена в кислой зоне рН в гепатопанкреасе гребешка и составила 3,6 Е/г. Полученные значения соответствуют литературным данным, согласно которым наибольшую часть протеаз в гепатопанкреасе двустворчатых моллюсков составляют лизосомальные катепсины, с рН оптимумом 3–5 [11, 12].

Наиболее высокая активность щелочных протеаз определена в мужских гонадах. При этом уровень активности ферментов в гонадах выше, чем в гепатопанкреасе. Этот факт, скорее всего, связан с биологическим состоянием особей, находящихся в преднерестовой стадии, когда гребешок питается неактивно, а активность протеаз в половых продуктах объясняется необходимостью проникновения спермия сквозь вителлиновую оболочку яйцеклетки.

Полученные нами данные согласуются с работой В.А. Мухина, в которой показано, что уровень активности протеиназ в гонадах исландского гребешка коррелирует со стадиями полового цикла. Динамика изменений активности ферментов гребешка является примером эволюционно закрепленной биохимической адаптации и связана с половым циклом этих животных. Зависимость между активностью протеиназ в гонадах исландского гребешка и стадиями полового цикла заключается в возрастании протеолитической активности в гонадах исследуемых видов в период посленерестовой резорбции, и фазе быстрого вителлогенеза у обоих полов, а также в нерестовой период – у самцов. Возрастание протеолитической активности связано с физиологическими и биохимическими процессами созревания гонад и может быть использовано как дополнительный критерий оценки их зрелости [13].

Проводящая система двустворчатых моллюсков представлена гемолимфой. Гемолимфа – жидкость, циркулирующая в сосудах и межклеточных полостях многих беспозвоночных животных (членистоногие, онихофоры, моллюски) с незамкнутой системой кровообращения. Гемолимфа выполняет те же функции, что кровь и лимфа у животных с замкнутой системой кровообращения.

Определение некоторых биохимических показателей гемолимфы гребешка показало, что наибольшее содержание белка отмечается в июле и составляет 1,23 мг/мл. Сравнивая с известными

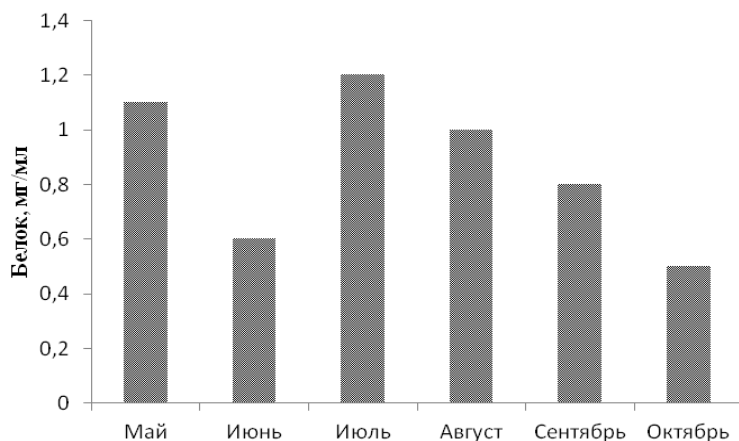


Рис. 2. Концентрация белка в гемолимфе гребешка (мг/мл) в различные сезоны

литературными данными, следует отметить, что в гемолимфе приморского гребешка содержание белка в два раза больше, чем в гемолимфе брюхоногого моллюска *Hellix* [14], и в пять раз больше, чем у брюхоногого моллюска из Черного моря *Viviparus* [15].

Определение биохимических показателей гемолимфы гребешка (рис. 2) показало, что концентрация белка значительно снижается в течение весенне-летнего периода. Кроме того, концентрация белка в гемолимфе гребешка также снижается в летне-осенний пе-

риод (июнь – октябрь) в 2,4 раза. Повышение либо высокие концентрации белка в гемолимфе двустворчатых моллюсков в летний период связаны с активизацией метаболических процессов во время нереста.

Кроме содержания белка, в гемолимфе гребешка определяли активность некоторых сериновых гидролаз, являющихся маркерами метаболических и адаптационных процессов организма [16].

Выявлена незначительная активность кислых и щелочных протеаз в гемолимфе гребешка (табл. 4). Щелочные протеазы проявили активность только в мае (0,009 Е/мг белка) и августе (0,027 Е/мг белка). Также незначительная активность кислых протеаз выявлена в мае. За весь период наблюдений активности нейтральных протеаз в гемолимфе гребешка не обнаружено.

Таблица 4

Активность протеолитических ферментов в гемолимфе гребешка

Дата	Активность протеаз, Е/мл (Е/мг белка)		
	pH 8,0	pH 6,0	pH 3,4
Май	0,01 (0,009)	0	0,003 (0,003)
Июнь	0	0	0
Июль	0	0	0
Август	0,027 (0,002)	0	0
Сентябрь	0	0	0
Октябрь	0	0	0

Следует отметить, что в доступной нам литературе сведений о протеазах гемолимфы гребешка не найдено. Вопрос о составе и сезонной динамике активности протеолитических ферментов данного вида двустворчатых моллюсков требует дальнейшего изучения.

Одним из молекулярных показателей физиологического состояния моллюсков является активность фермента холинэстеразы в гемолимфе [16].

Ранее проведенными исследованиями установлено, что фермент гемолимфы гребешка с наибольшей скоростью гидролизует ПТХ [17].

Проведенные исследования показали, что отмечается сезонная динамика показателя активности фермента с использованием в качестве субстрата ПТХ (рис. 3).

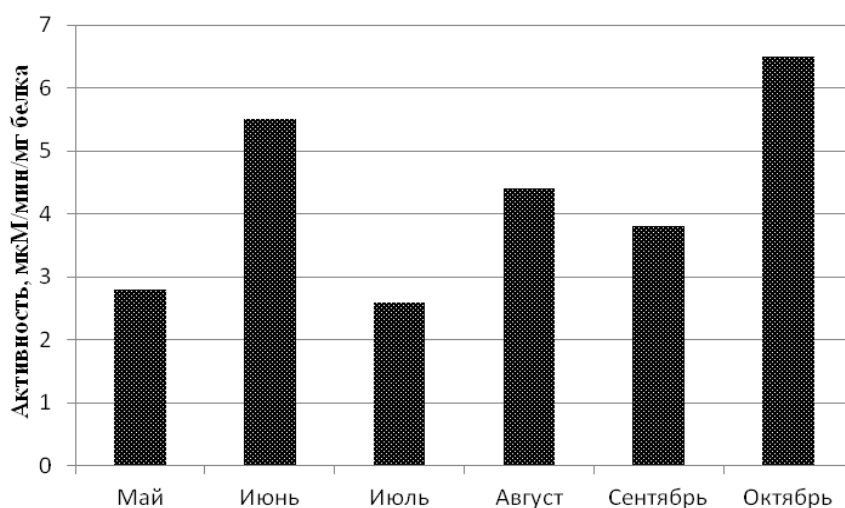


Рис. 3. Удельная активность ХЭ гемолимфы гребешка (мкМ ПТХ/мин/мг белка)

В период с мая по июль активность фермента увеличивалась практически в два раза, что, по-видимому, свидетельствует об активации метаболических процессов. Снижение активности ферментов в июле и сентябре совпадают с периодом нереста гребешка. Связь этих процессов подтверждается холинергической регуляцией репродуктивного цикла у двустворчатых моллюсков [18]. Следует отметить, что вариации уровня активности фермента могут быть также связаны с сезонными колебаниями концентрации белка в гемолимфе гребешка [17].

Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали, что мантия и мускул гребешка приморского можно отнести к высокобелковому сырью с низким содержанием липидов. В мускульных тканях гребешка преимущественно содержатся водо- и щелочерастворимые белки, уровень количественного содержания которых изменяется в течение летнего сезона.

Гонады и гепатопанкреас гребешка характеризуются высокой протеолитической активностью, в то время как в гемолимфе моллюсков выявлена незначительная активность кислых и щелочных протеаз в некоторые месяцы летнего периода.

В гемолимфе гребешка определено высокое, по сравнению с другими моллюсками, содержание белка – 1,23 мг/мл. Динамика содержания белка и холинэстеразной активности в гемолимфе гребешка определяются стадиями гаметогенеза и нереста.

Проведенные исследования технохимического состава тканей гребешка позволяют определить оптимальное время его изъятия, а биохимические параметры гемолимфы могут служить показателями его физиологического состояния.

Литература

1. Климова Е.Ю., Лаптева Е.П. Сравнительный анализ технохимических характеристик культивированного и природного гребешка приморского живого // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2010. – Т. 22. – С. 326–331.
2. Лукьянова О.Н. Молекулярные биомаркеры. – Владивосток: Изд-во ДВГАУ. – 2001. – 191 с.
3. Пивненко Т.Н., Ковалев Н.Н. Сериновые протеиназы морских организмов: свойства, получение, применение. – Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуза, 2015. – 497 с.
4. Protein measurement with the Folin phenol reagent / O. Lowry, N. Rosenbrough, A. Parr, R. Randall // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193, № 1. – P. 265–276.
5. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа.
6. Folch J., Lees M.A Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue// J Biol. Chem. – 1957. – V. 226, № 1. – P. 497–509.
7. Каверзнева Е.Д. Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз // Прикладная биохимия и микробиология. – 1971. – Т. 7, № 2. – С. 225–228.
8. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity / G.L. Ellman, K.D. Courtney, V.Jr. Andres, R.M. Featherstone // Biochem. Pharmacol. – 1961. – Vol 7, № 1. – P. 88–95.
9. Биотехнология морепродуктов / Л.С. Байдалинова, А.С. Лысова, О.Я. Мезенова и др. – М.: Мир, 2006. – 560 с.
10. Биологическая энциклопедия. Класс двустворчатые моллюски (Bivalva) [Электронный ресурс]. – URL: http://enc-dic.com/enc_biology/Klass-dvustvorchate-vvalva-118/ (дата обращения: 13.10.2016).
11. Крупнова М.Ю., Немова Н.Н., Скидченко В.С. Влияние солей меди и кадмия на активность лизосомальных протеиназ мидий *Mytilus edulis* L // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Том I. Экологическая физиология и биохимия водных организмов: сб. науч. ст. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. – С. 84–87.
12. Судник О.А. Технология получения протеолитических ферментов из дрейссены // Рыбная промышленность. – 2009. – № 2. – С. 54–55.
13. Мухин В.А. Протеолитические ферменты в тканях некоторых морских беспозвоночных: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Мурманск, 1998.
14. Ракчий В.К. Межпопуляционные различия биохимических параметров гемолимфы *Helix pomatia* L. // Научные ведомости. Серия естественные науки, 2011. – Вып. 14. – № 3. – С. 145–149.
15. Стадниченко А.П., Киричук Г.Е. Влияние терматодной инвазии и сульфата хрома на содержание общего белка в гемолимфе *Viviparus viviparus* // Паразитология. – 2002. – Вып. 36, № 3. – С. 240–246.

16. Холинэстеразная активность гемолимфы мидии *Grenomytilus Grayanus* (DUNKER, 1853) (BIVALVIA: MYTILIDAE), обитающей в импактных природных и антропогенных условиях / Н.Н. Ковалев, В.Я. Кавун, Э.Я. Костецкий, Е.В. Михеев, О.В. Подгурская // Биология моря. – 2016. – Т. 42, № 1. – С. 41–47.

17. Михеев Е.В., Есипенко Р.В. Изучение сезонной динамики холинэстеразной активности гемолимфы гребешка приморского // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2016. – Т. 38. – С. 88–91.

18. Хотимченко Ю.С., Деридович И.И., Мотавкин П.А. Биология размножения и регуляция гаметогенеза и нереста у иглокожих. – М.: Наука, 1993. – 167 с.

Информация об авторах Information about authors

Ковалев Николай Николаевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 90087, Россия, Владивосток; доктор биологических наук, главный научный сотрудник НИЦ «Морские биотехнологии»; kovalevnn61@yandex.ru

Kovalev Nicolay Nicolaevich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Chief Researcher of Research Center «Marine Biotechnologies»; kovalevnn61@yandex.ru

Ким Георгий Николаевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 90087, Россия, Владивосток; доктор технических наук, ректор ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»; festfu@mail.ru

Kim Georgiy Nikolaevich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of Far Eastern State Technical Fisheries University; festfu@mail.ru

Михеев Евгений Валерьевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИЦ «Морские биотехнологии»; zhenyasuper79@mail.ru

Mikheev Evgeniy Valerevich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Research Center «Marine Biotechnologies»; zhenyasuper79@mail.ru

Позднякова Юлия Михайловна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 90087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук, директор НИЦ «Морские биотехнологии»; pozdnyakova.julia@yandex.ru

Pozdnyakova Yuliya Mikhailovna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences, Director of Research Center «Marine Biotechnologies»; pozdnyakova.julia@yandex.ru

Есипенко Роман Владимирович – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; инженер по оборудованию НИЦ «Морские биотехнологии»; azt@bk.ru

Esipenko Roman Vladimirovich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Equipment Engineer of Research Center «Marine Biotechnologies»; azt@bk.ru

УДК 639.3 (571.64)

А.В. Литвиненко, Д.С. Попова**ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ НЕКОТОРЫХ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДОВ САХАЛИНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАССОВОГО МАРКИРОВАНИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ**

Отолитное мечение лососей возможно использовать для разных целей. Научное приложение данной методики в основном сосредоточено на проблемах изучения дифференциации молоди заводского и естественного происхождения в местах их совместного обитания в период покатной миграции в реках, в эстуариях, в период раннего морского периода жизни и, наконец, в открытом океане. В производственной деятельности оно используется, главным образом, с целью оценки результатов работы рыбоводных лососевых заводов и эффективности искусственного воспроизводства.

В результате многолетнего опыта проведения массового маркирования на лососевых рыбоводных заводах Сахалинской области было выяснено, что основу нерестовой части популяции на Сокольниковском ЛРЗ составляют рыбы в возрасте 4+, на ЛРК «Найба» (Соколовский цех) – это рыбы в возрасте 3+. Коэффициент возврата отдельных возрастных групп кеты Сокольниковского ЛРЗ составил: 2+ – от 0 до 0,01%, 3+ – от 0,1 до 0,6%, 4+ – от 0,2 до 0,7% и группа 5+ – 0,1%. К Соколовскому цеху (ЛРК «Найба») за период проведенных исследований вернулись рыбы в возрасте 2+, 3+, 4+ и 5+, от 0,01 до 0,02%, от 0,2 до 3,4%, 0,2% и 0,1%, соответственно. Возврат первого маркированного поколения кеты данных ЛРЗ завершится в 2016 году.

Ключевые слова: отолиты; массовое маркирование; коэффициент возврата; сухое мечение; термическое мечение.

A.V. Litvinenko, D.S. Popova**THE EFFICIENCY OF SOME HATCHERIES IN SAKHALIN ACCORDING TO THE RESULTS OF MASS MARKING OF PACIFIC SALMON**

Otolithe tagging of salmon can be used for different purposes. The scientific application of this technique mainly focuses on the differentiation of hatchery juveniles and young fish of natural origin during their joint downstream migration in rivers, in estuaries, in the early period of feeding at sea and finally in the open ocean. In addition, the results allow to evaluate the performance of salmon hatcheries and the efficiency of artificial reproduction.

As a result of years of mass marking at the salmon hatcheries in Sakhalin region it has been found that the basis of the spawning part of the population in Sokolnikovskiy hatchery is fish aged 4+, "Naiba" of Sokolovsky shop is fish aged 3+. The return rate of certain age groups in Sokolnikovskiy chum salmon hatcheries were 2+, from 0 to 0,01%, 3+ – 0,1% to 0,6% of 4+ – 0,2 to 0,7% and group 5+ – 0,1%. For the period of these studies the fish aged 2+, 3+, 4+ and 5+, from 0,01% to 0,02%, from 0,2 to 3,4%, 0,2% and 0,1% respectively have returned to Sokolovsky shop (LRK "Naiba"). The data on the return of the first marked generation of hatchery chum salmon will be completed in 2016.

Key words: otoliths, mass marking, return rate, dry tagging, thermal tagging.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-81-89

Введение

Искусственное воспроизводство в России вносит большой вклад в поддержание и восстановление ресурсов тихоокеанских лососей. Лососевые рыбоводные заводы (ЛРЗ) являются эффективными предприятиями, обеспечивающими локальный промысел лососевых. В настоящее время на них широко применяют маркирование отолитов тихоокеанских лососей. Оно позволяет оценить эффективность работы рыбоводных предприятий по конечному результату – количеству вернувшихся на нерест рыб. В ходе изучения биологии тихоокеанских лососей маркирование используют для определения путей их миграции выпущенной рыбы, что также необходимо для понимания особенностей жизни лососевых в естественной среде. Остров Сахалин является одним из крупнейших центров искусственного воспроизводства лососевых, и контроль за их вос-

производством, как и принятие мер по предотвращению сокращения их численности, диктует необходимость постоянного контроля уровня возврата рыб, выпущенных в природную среду в разные годы. Анализ количественного состава разновозрастных групп лососей, вернувшихся в родные реки, необходим для анализа причин, оказывающих влияние на выживаемость и численность их разных поколений.

В настоящей статье авторы представили данные по величине промыслового возврата для двух сахалинских лососевых рыбоводных заводов, в частности для лососевых рыбоводных заводов «Сокольниковский» и ЛРК «Найба» (Соколовский цех), определенного по результатам вывешивания у рыб, идущих на нерест, отолитов, меченых с помощью метода массового отолитного маркирования.

Материалы и методы

Материал в виде меченых отолитов для данного исследования был любезно предоставлен ФГБУ «Сахалинрыбвод». Всего в период с 2013 по 2015 гг. было обработано 2500 пар отолитов кеты, из которых 1600 пар – ЛРЗ «Сокольниковский» и 900 – ЛРК «Найба» (Соколовский цех). Отбор отолитов проводили во время биологических анализов на пунктах сбора икры для ЛРЗ во время нерестовой миграции кеты. Их обработку и трансляцию метки проводили в лаборатории водных биологических ресурсов ФГБУ «Сахалинрыбвод» совместно с его специалистами. Для идентификации меток пользовались общепринятыми методики и микроскоп Olympus BX51. Фотографирование и распознавание меченых отолитов производили с помощью комплекса для анализа изображений и программы Optika Pro5.

Результаты и обсуждение

Стадо кеты имеет сложную возрастную структуру, когда не все особи одного поколения возвращаются на нерест в один год, часть их продолжает нагуливаться и изымается промыслом в последующие годы. Возвраты сахалинской осенней кеты происходят в возрасте от 2+ до 6+, отсюда понятно, что одно и то же поколение может участвовать в промысле до пяти лет. В связи с этим на протяжении ряда лет необходимо проводить биологический анализ рыб в уловах, так как он даст возможность полностью определить величину возврата одного или нескольких поколений.

Эффективность работы рыбоводных предприятий оценивают по количеству и качеству выпускаемой молодежи рыб в естественные водоемы и по величине возврата от этой молодежи [1].

Рыбоводные предприятия выращивают молодь каждого вида рыб до установленной навески и с нормальными физиологическими показателями, а при выпуске этой молодежи в естественные водоемы осуществляют ее количественный учет. Поскольку массовому маркированию подвергают всю рыбоводную продукцию, возможно рассчитать и величину возврата по следующим формулам:

1. Определение общего количества меченых рыб из улова, где X – меченые рыбы, вернувшиеся на нерест, шт.:

$$X = A \cdot B / C,$$

где A – общий учетный вылов, шт.; B – количество обнаруженных меток, шт.; C – количество обработанных отолитов, шт.

2. Расчет коэффициента возврата, где X – коэффициент возврата, %:

$$X = a \cdot 100\% / d,$$

где a – меченые рыбы, вернувшиеся на нерест, шт.; d – общее количество выпущенной меченой молодежи, шт.

Мечение горбуши и кеты на рыбоводных заводах Сахалинской области

Мечение молодежи горбуши и кеты путем ампутации плавников применяли на сахалинских заводах с начала 60-х годов прошлого века. Основной целью этих работ было определение коэффициентов возврата заводской молодежи. До середины 70-х годов мечение проводили на отдельных заводах в сравнительно небольших количествах, а учет возвращающихся меченых особей проводился в основном лишь на пунктах сбора икры самих рыбоводных заводов, изредка – в устьях рек или на неводах, установленных в приустьевой части базовых рек ЛРЗ.

До 1976 г. мечение молоди проводили сравнительно в небольших количествах – от 0,5 до 2,0 млн шт. [2]. Как правило, метили молодь с еще не полностью рассосавшимся желточным мешком (была видна «щель» желтка), под эфирным наркозом. В качестве методического пособия использовали инструкцию, разработанную Н.А. Гербильским в 1971 г.

О трудоемкости работ можно судить по такому примеру: в 1972 г. проводили мечение молоди кеты путем ампутации жирового плавника на Ясноморском заводе. В мечении принимали участие 13 человек. Ими за 21 рабочий день (с 19 апреля по 10 мая 1972 г.) было помечено всего 850 тыс. шт. сеголетков кеты. При этом отход составил 5400 шт., или 0,6%.

Начиная с 1976 г. до конца 80-х мечение молоди тихоокеанских лососей становится совместной программой «Сахалинрыбвода» и Сахалинского отделения ТИНРО (ныне СахНИРО), масштаб работ значительно увеличился. Молодь первоначально усыпляли эфиром. В дальнейшем для наркоза стали применять препарат МС-222 в концентрации 1 : 5000 или 1 : 10000, экспозицией от 10 до 20 мин; известны также случаи применения хинальдина (препарат для анестезирования рыб). Мечение молоди проводили одновременно на нескольких заводах.

В 1976–1979 гг. мечение выпускаемой молоди путем ампутации плавников осуществляли на следующих заводах Сахалинрыбвода: Лесной ЛРЗ, Курильский ЛРЗ, Соколовский ЛРЗ, Айнский ЛРЗ, Таранайский ЛРЗ, ЛРЗ на р. Оля, Пугачевский ЛРЗ, Побединский ЛРЗ и Анивский ЛРЗ.

Однако смертность молоди после проведенных манипуляций с анестезией была высокой, плавники нередко регенерировали. Кроме того, иногда допускали ошибки в применяемых метках, а именно: на одном заводе отрезали плавники, выбранные в качестве метки для другого предприятия. Оценка эффективности работы заводов по результатам мечения, таким образом, являлась спорной. В настоящее время данные способы мечения на рыбоводных заводах Дальнего Востока не применяют.

Наиболее современные методы мечения, применяемые в мире, следующие: магнитными метками; микрокодированными метками с декодированием рентгеновскими лучами; цифровыми метками P.I.T. Supertags на жидких кристаллах [3].

В последнее время появились очень перспективные методы, основанные на маркировании отолитов. Отолит – это кальций-протеиновое образование, которое формируется у эмбрионов рыб перед началом стадии пигментации глаз. Исходя из этого можно искусственно формировать метку, состоящую из набора темных и светлых полос, в которой может быть зафиксирована информация о ЛРЗ, регионе, стране, отдельных партиях рыб, выращиваемых на одном заводе. Основное преимущество метода маркирования отолитов молоди рыб – массовость. На некоторых американских заводах метят до 200 млн экз. выпускаемой молоди. Другими способами пометить такое количество молоди практически невозможно.

Термическое маркирование отолитов – наиболее распространенный способ массового мечения лососей в США, Канаде и Японии. Только на Аляске за последние 10 лет помечено более 3 млрд лососей. Разработка и внедрение методик термического маркирования отолитов лососей принадлежит американским ученым [4, 5].

Первое мечение в промышленных масштабах было произведено в США на ЛРЗ штата Вашингтон в 1987 г. Метка на отолитах была образована за счет периодических изменений температуры воды, при которой происходят инкубация икры или выдерживание предличинок на ЛРЗ. Для изменения температуры на одних заводах используют системы подогрева или охлаждения воды, на других, где имеются две системы водоподдачи (из реки и из скважин), термическое мечение можно проводить в эмбриональный период, начиная со стадии глазка до вылупления (исключая вылупление), а также в период выдерживания предличинок до начала смешанного питания. В мальковый период мечение неэффективно.

Метод сухого маркирования отолитов основан на способности икры лососевых нормально развиваться во влажной атмосфере. Метод разработан русскими учеными в 1998 г. [6]. Для мечения обычно с суточной периодичностью осушают икру в инкубаторах типа Бокс или Аткинса. В течение одного цикла мечения (когда формируется одна темная и одна светлая полоса) – икра 24 ч находится без воды (во влажной атмосфере) и столько же времени омывается водой (в нормально работающем инкубаторе). Такая метка принципиально не отличается от метки, полученной при термическом маркировании. Период мечения отолитов эмбрионов этим способом – от стадии пигментации глаз до начала вылупления. Этот метод прост, удобен и не требует специального оборудования. Его недостаток – невозможность метить личинок и молодь рыб.

Мечение с помощью хлорида стронция основано на замещении кальция в костных образованиях, в том числе и отолитах, родственными химическими элементами. Икру или молодь рыб выдерживают в 9%-ном растворе хлорида стронция SrCl , в течение нескольких часов. Обнаружить метку можно только с помощью электронного микроскопа или плазменного спектрометра. Метод одобрен органами здравоохранения Канады и США. Недостатком его являются большие расходы SrCl , при массовом мечении, а также необходимость применения дорогого оборудования для обнаружения метки. Положительным является то, что он позволяет метить кормящуюся молодь. Метод предложен в 1994 г. американскими учеными [7].

Маркирование с помощью флуоресцентных включений используется в Японии с 1994 г. Метка на отолите формируется при выдерживании эмбрионов лососей в растворе алазарина в течение 24 ч и сохраняется в организме рыбы не менее пяти лет. Для обнаружения метки используется ультрафиолетовое излучение. Недостатком метода является его невысокая информативность (небольшое число разных типов меток), однако он хорош для альтернативного разделения меченых и немеченых рыб. Разработан японскими учеными в 1994 г.

Маркирование с помощью кормовых добавок. Применяют в Японии, Канаде, США. В основном в качестве добавок выступает кальцит (природная форма карбоната кальция, легкоусвояемый). Маркирование происходит в период активного питания молоди.

Таким образом, отолитное маркирование рыб имеет ряд преимуществ, а потому наиболее перспективно по следующим причинам:

- позволяет охватывать сто процентов рыбоводной продукции предприятия;
- позволяет учитывать метку на протяжении всей жизни рыбы;
- абсолютно не травматично;
- экономически выгодно;
- имеет высокую научную значимость;
- служит для уточнения существующих методик определения возраста [8].

Сокольниковский ЛРЗ – первенец лососеводства на Сахалине, время его постройки – 1912 г. Расположен завод на юго-западном побережье Сахалина, на р. Сокольники (Асанай), специализируется на воспроизводстве осенней кеты.

До 1954 г. объем выпускаемой предприятием рыбоводной продукции был нестабильным и колебался от 0,8 до 7,4 млн штук молоди.

Для повышения эффективности воспроизводства кеты в 90-е годы осуществлена капитальная реконструкция предприятия: возведен современный цех-питомник, продлена дренажная водосистема, построен колодец грунтовых вод для обеспечения терморегуляции при инкубации икры и выдерживания личинок.

Инкубационный цех оснащен инкубаторами коробчатого типа (типа Бокс и аппаратами Аткинса), автоматизированы процессы выборки производственного отхода икры и раздачи кормов при подращивании молоди. Питомник разделен на каналы с независимым водоснабжением, регулировкой расходов воды и скоростей течения, для выдерживания личинок применяется искусственный субстрат.

Все это позволяет создать оптимальные условия для развития рыбоводной продукции, повысить эффективность работы предприятия. Выпуск молоди кеты в среднем с 2000 по 2015 гг. составил 16,7 млн штук молоди в год. Промысловый возврат кеты начиная с выпуска молоди 1995 г. увеличился, уловы ее в устье реки возросли с 57–68 тонн в первой половине 90-х годов до 282–820 тонн к 2001 г.

Маркирование кеты на ЛРЗ было начато в 2009 г. На заводе применяют «сухой» способ отолитного маркирования, что обусловлено наличием одного источника водоснабжения. Понятно, что на ЛРЗ, располагающих одним источником воды, проведение термического маркирования исключено. Термическое маркирование подразумевает использование природной разницы температур разных водоисточников либо систем подогрева или охлаждения воды, что очень затратно.

«Сухое» маркирование на данном ЛРЗ проводят на хорошо организованном уровне, начиная с 320 гр./дн., что подтверждается качественным формированием полос метки и легкостью ее обнаружения в нерестовых возвратах. Выпуск маркированной молоди кеты с 2010 по 2015 гг. составил 94,0 млн шт.

ЛРК «Найба» (Соколовский цех). ЛРК «Найба» – объединенный рыбоводный комплекс двух ЛРЗ: Соколовского ЛРЗ и Березняковского ЛРЗ.

Построен японцами в 1940 г., расположен на р. Белой в бассейне р. Найбы. Первоначальная мощность завода – 14 млн по инкубации икры, за период 1941–1944 гг. заводом выпущено

35,7 млн штук молоди кеты и 1,275 млн штук молоди горбуши. В 1954 г. проведен капитальный ремонт инкубатора с реконструкцией питомника и водосистемы, мощность завода была увеличена до 18 млн штук по выпуску подрощенных покатников кеты.

В 1998 г. проведена широкомасштабная реконструкция предприятия, ветхие деревянные цеха-питомники были заменены единой легкой металлической конструкцией. На заводе внедрено современное технологическое оборудование; биотехнология заменена на более прогрессивную, направленную на существенное повышение качества рыболовной продукции при снижении ее количества. В течение всего производственного цикла проводятся терморегуляция воды и лечебно-профилактические мероприятия, для подращивания молоди используются гранулированные корма.

В период с 1995 по 2000 гг. мощность предприятия по выпуску подрощенной молоди лососей составляла от 31 до 35 млн штук, что зависело от соотношения разводимых видов – кеты и горбуши. Средний выпуск молоди в последние годы составил 24 млн шт.

Бассейн р. Найбы, где располагается Соколовский рыболовный завод, имеет нерестовую площадь 1030000 м², однако в последние годы заполнение нерестилищ производителями здесь ниже нормы и составляет не более 20%. Причиной этого являются неблагоприятные гидрологические условия (маловодье в летние месяцы), активный промысловый лов и пресс браконьерства.

На данном ЛРЗ в первые годы применяли «сухой» метод отолитного маркирования, а с 2012 г. завод полностью перешел на термическое маркирование. Переход от «сухого» способа к термическому связан с его трудоемкостью.

Внедрить термический способ маркирования кеты на данном ЛРЗ позволило наличие двух водоисточников с разным температурным режимом. Маркирование проводили путем увеличения температуры воды при инкубации до 3,5°C, что позволяло формировать качественные метки на всей продукции сразу. Маркирование проводили на предличиночной стадии развития.

Еще одним важным аспектом применения термического маркирования на Соколовском ЛРЗ является наличие необходимой мощности источников воды, которые позволяют обеспечивать не только нужный градиент, но и поддерживать оптимальный расход воды для свободных эмбрионов и личинок, которым необходима определенная проточность на этой стадии развития.

Эксперимент по отолитному маркированию отолитов лососевых на Соколовском ЛРЗ был начат в 2008 г., с 2011 г. проводится мечение в тотальных масштабах. В течение этого периода было помечено более 101,6 млн шт. молоди кеты.

Результаты маркирования на ЛРК «Сокольниковский»

Возврат кеты генерации 2009 г. На ЛРЗ «Сокольниковский» первое маркирование проведено в 2009 г. (2010 г. выпуска), было выпущено 15 560,0 тыс. шт. меченых мальков кеты с меткой Зп,1,3Н.

Оценка качества меток (генерации 2009 г.), выполненная перед выпуском молоди с ЛРЗ, показала возможность безошибочной идентификации маркированных особей (рис. 1).

Возврат кеты поколения 2009 г. начался в 2012 г. с возраста 2+, а закончился в возрасте 6+ в 2016 г. Исследовать данное поколение начали с 2013 г. Всего с 2012 по 2015 гг. был обнаружен 181 экземпляр «заводской» кеты. Наибольшее количество особей составляли рыбы в возрасте 4+. Коэффициент возврата рыб в возрасте 3+ генерации 2009 г. составил 0,1%; коэффициент возврата рыб в возрасте 4+ генерации 2009 г. составил 0,3%; коэффициент возврата рыб в возрасте 5+ генерации 2009 г. – 0,1%.

Таким образом, за период исследований с 2013 по 2015 гг. удалось идентифицировать рыб с меткой



Рис. 1. Метка Зп,1,3Н (генерация 2009 г.) на отолите производителя кеты в возрасте 3+ (Сокольниковский ЛРЗ)

3п,1,2Н (генерация 2009) в возрасте 3+, 4+, 5+. Полный возврат данной генерации закончится в 2016 г. Коэффициент возврата вернувшихся возрастных групп равен 0,5%.

Возврат кеты генерации 2010 г. В 2010 г. (2011 г. выпуска) на Сокольниковском ЛРЗ также было проведено маркирование всей рыболовной продукции, выпущено 15 466,0 тыс. шт. меченых мальков кеты с меткой 3п,3Н.

Возврат кеты поколения 2010 г. начался в 2013 г. с возраста 2+, а закончится в возрасте 6+ в 2017 г. Исследовать данное поколение начали с 2013 г.

В 2013 г. на нерест не вернулось ни одной рыбы, с меткой генерации 2010 г. в возрасте 2+. В 2014 г. коэффициент возврата рыб в возрасте 3+ генерации 2010 г. составил 0,6%; в 2015 г. коэффициент возврата рыб в возрасте 4+ генерации 2010 г. – 0,7%. Таким образом, за период исследований с 2013 по 2015 гг. удалось идентифицировать рыб с меткой 3п,3Н (генерация 2010), в возрасте 2+,3+,4+. Полный возврат данной генерации закончится в 2017 г. Всего с 2012 по 2015 гг. было обнаружено 617 особей «заводской» кеты. Коэффициент возврата вернувшихся «заводских особей» составил 1,3%. Наибольшее количество особей искусственного происхождения составляли рыбы в возрасте 4+.

Возврат кеты генерации 2011 г. В 2011 г. на Сокольниковском ЛРЗ также была промаркирована вся рыболовная продукция (2012 г. выпуска), было выпущено 15 690,0 тыс. шт. меченых мальков кеты с меткой 3п,2,1Н.

Возврат кеты поколения 2011 г. начался в 2014 г. с возраста 2+, а закончится в возрасте 6+ в 2018 г. Исследовать данное поколение начали с 2014 г. Всего в пробах было за 2014 и 2015 гг. обнаружено 94 особи «заводского» происхождения, большинство из них было в возрасте 3+. Коэффициент возврата рыб в возрасте 2+ генерации 2011 г. составил 0,004%, коэффициент возврата рыб в возрасте 3+ генерации 2011 г. составил 0,2%.

За период исследований с 2014 по 2015 гг. удалось идентифицировать рыб с меткой 3п,3Н (генерация 2011), в возрасте 2+, 3+. Полный возврат данной генерации закончится в 2018 г. Коэффициент возврата вернувшихся возрастных групп равен 0,2%.

Возврат кеты генерации 2012 г. В 2012 г. на Сокольниковском ЛРЗ была промаркирована вся рыболовная продукция (2013 г. выпуска), всего было выпущено 15 872,0 тыс. шт. меченых мальков кеты с меткой 4,1Н.

Возврат кеты поколения 2012 г. начался в 2015 г. с возраста 2+, а закончится в возрасте 6+ в 2019 г. Исследовать данное поколение начали с 2015 г. Всего в 2015 г. было обнаружено 4 экз. «заводской» кеты в возрасте 2+, коэффициент возврата рыб в возрасте 2+ генерации 2012 г. составил 0,01%.

Распределение возвращающихся в базовую реку Сокольниковского ЛРЗ в период с 2013 по 2015 гг. меченых производителей кеты представлено на рис. 2.

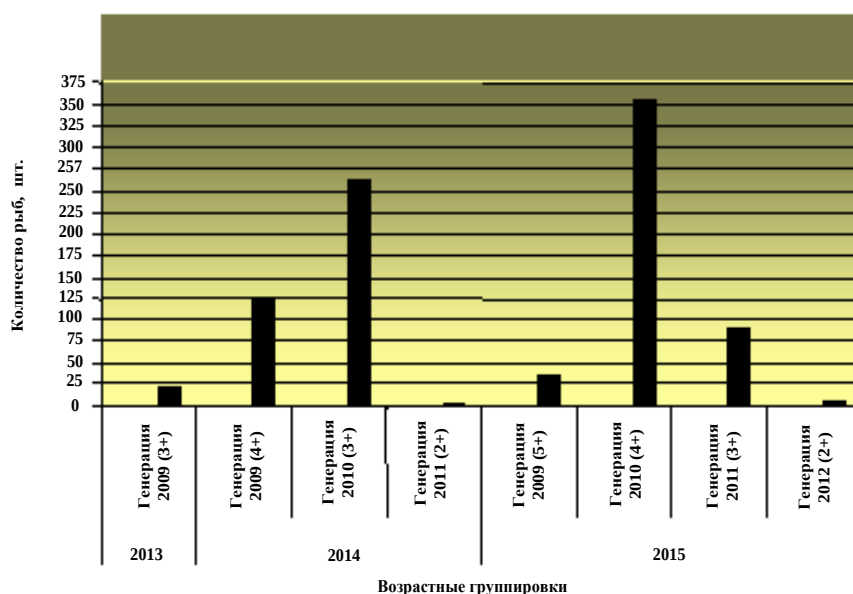


Рис. 2. Распределение возрастных группировок меченых рыб за период исследований на ЛРЗ «Сокольниковский» [9]

Результаты маркирования на ЛРК «Найба» (Соколовский цех)

Возврат кеты генерации 2009 г. На ЛРК «Найба» (Соколовский цех) первое массовое маркирование проведено в 2009 г. (2010 г. выпуска), было выпущено 14 464,3 тыс. шт. меченых мальков кеты с меткой 5,2Н.

Возврат кеты поколения 2009 г. начался в 2012 г. с возраста 2+, а закончится в возрасте 6+ в 2016 г. Исследовать данное поколение начали с 2013 г.

Всего с 2013 по 2015 гг. в пробах был обнаружен 321 экземпляр «заводской» кеты; подавляющее большинство рыб было представлено в возрасте 3+. Коэффициент возврата рыб в возрасте 3+ генерации 2009 г. составил 3,4%, коэффициент возврата рыб в возрасте 5+ генерации 2009 г. составил 0,1%.

Таким образом, за период исследований с 2013 по 2015 гг. удалось идентифицировать рыб с меткой 5,2Н (генерация 2009) в возрасте 3+ и 5+. Полный возврат данной генерации закончится в 2016 г. Коэффициент возврата вернувшихся возрастных групп составил 3,5%.

Возврат кеты генерации 2010 г. В 2010 г. (2011 г. выпуска) на ЛРК «Найба» (Соколовский цех) удалось пометить всего 40% рыболовной продукции, выпуск составил 9 205,0 тыс. шт. меченых мальков кеты с меткой Н5,2. Количество обнаруженных меченых рыб с 2013 по 2015 гг. составило 48 штук, подавляющее большинство из них были в возрасте 4+.

Коэффициент возврата рыб в возрасте 2+ генерации 2010 г. составил 0,02%.

В 2014 г. из-за отсутствия подходов рыбы биологические анализы кеты не проводили.

Коэффициент возврата рыб в возрасте 4+ генерации 2010 г. составил 0,2%.

Таким образом, за период исследований с 2013 по 2015 гг. удалось идентифицировать рыб с меткой Н5,2 (генерация 2010) в возрасте 2+ и 4+. Полный возврат данной генерации закончится в 2017 г. Коэффициент возврата вернувшихся возрастных групп составил 0,2%.

Возврат кеты генерации 2011 г. В 2011 г. на ЛРК «Найба» (Соколовский цех) была промаркирована вся рыболовная продукция (2012 г. выпуска), было выпущено 23 517,0 тыс. шт. меченых мальков кеты с меткой Н1,4,1Н.

Возврат кеты поколения 2011 г. начался в 2014 г. с возраста 2+, а закончится в возрасте 6+ в 2018 г. Исследовать данное поколение начали с 2015 г. Всего в 2015 г. было обнаружено 125 особей заводской кеты в возрасте 3+.

В 2014 г. из-за отсутствия подходов рыбы биологические анализы кеты не проводили.

Коэффициент возврата рыб в возрасте 3+ генерации 2011 г. составил 0,2%.

Таким образом, за период исследований с 2014 по 2015 гг. удалось идентифицировать рыб с меткой Н1,4,1 (генерация 2011) в возрасте 3+. Полный возврат данной генерации закончится в 2018 г. Коэффициент возврата вернувшихся возрастных групп составил 0,2%.

Возврат кеты генерации 2012 г. В 2012 г. на ЛРК «Найба» (Соколовский цех) была промаркирована вся рыболовная продукция (2013 г. выпуска), было выпущено 17 789,0 тыс. шт. меченых мальков кеты с меткой Н1,4,1.

Возврат кеты поколения 2012 г. начался в 2015 г. с возраста 2+, а закончится в возрасте 6+ в 2019 г. Исследовать данное поколение начали с 2015 г. Тогда было обнаружено 5 экземпляров меченой кеты в возрасте 2+.

Коэффициент возврата рыб в возрасте 2+ генерации 2012 г. составил 0,01%.

Таким образом, в результате исследования в 2015 г. удалось идентифицировать рыб с меткой Н1,4,1 (генерация 2012) в возрасте 2+. Полный возврат данной генерации закончится в 2019 г. Коэффициент возврата вернувшейся возрастной группы составил 0,01%.

Распределение меченых рыб по годам в базовую реку ЛРК «Найба» (Соколовский цех) представлено в диаграмме (рис. 3).

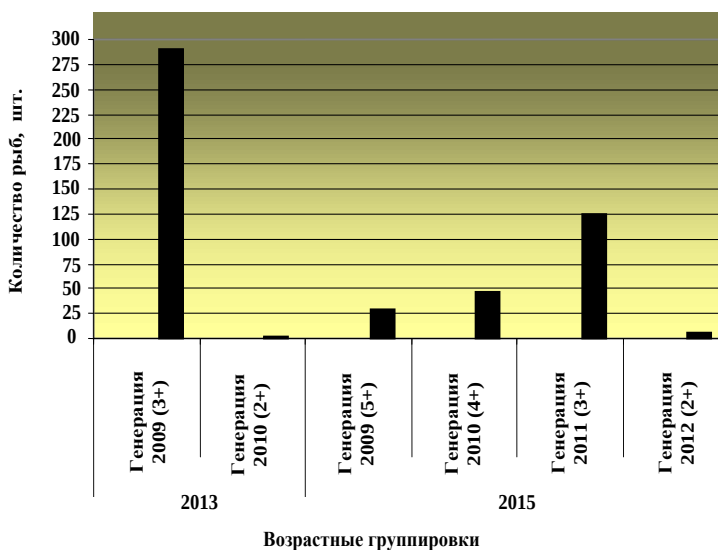


Рис. 3. Распределение возрастных группировок меченых рыб за период исследований в Соколовском цехе ЛРК «Найба» [9]

Заключение

Отолитное мечение лососей возможно использовать для нескольких различных целей. Научное приложение данной методики в основном сосредоточено на проблемах дифференциации молоди заводского и естественного происхождения в процессе их совместной покатной миграции в реках, в эстуариях, в период раннего морского периода жизни и в открытом океане.

Мечение дает возможность определить долю заводских рыб (как молоди, так и взрослых рыб) в общих уловах, скорость и пути их миграции, охарактеризовать распределение в реках, прибрежных участках моря в период откочевки в океан и в местах зимовки, уточнить существующие методики определения возраста.

В последнее время массовое мечение отоликов стали использовать в качестве мощного инструмента для оценки динамики стад и управления промыслом. В частности, его использовали для оценки доли рыб с различных рыбоводных предприятий в смешанных уловах морского и локального промысла, вклада пастбищного искусственного разведения в общее воспроизводство того или иного стада или популяции лососей, уровня стрэинга рыб, выпущенных разными ЛРЗ, уровня эксплуатации основных стад лососей и эффективности различных акций по управлению промыслом. В лососеводстве без осуществления массового мечения невозможно оценить производственную выгоду той или иной применяемой биотехники разведения и определить эффективность работы лососевого рыбоводного завода и отрасли в целом.

В рамках данной работы были изучены и охарактеризованы методы отолитного маркирования лососевых рыб как важнейшего способа оценки эффективности работы лососевых рыбоводных заводов, определены их особенности и значение; было рассмотрено применение методов отолитного маркирования лососевых рыб на ЛРЗ Сокольниковский и ЛРК «Найба» (Соколовский цех).

Исследуя данные о промысловых возвратах производителей с указанных ЛРЗ, мы выяснили, что основу нерестовой части популяции на Сокольниковском ЛРЗ составляют рыбы в возрасте 4+, на ЛРК «Найба» Соколовский цех – это рыбы в возрасте 3+.

Коэффициент возврата отдельных возрастных групп кеты Сокольниковского ЛРЗ составил: 2+ – от 0 до 0,01%, 3+ – от 0,1 до 0,6%, 4+ – от 0,2 до 0,7% и группа 5+ – 0,1%. Следует отметить, что коэффициент возврата учитывали без учета браконьерского вылова и промыслового изъятия.

К Соколовскому цеху (ЛРК «Найба») за период проведенных исследований вернулись рыбы в возрасте 2+, 3+, 4+ и 5+, от 0,01 до 0,02%, от 0,2 до 3,4%, 0,2% и 0,1%, соответственно. Возврат первого маркированного поколения кеты данных ЛРЗ завершится в 2016 г. в возрасте 6+, тогда и можно будет окончательно судить об эффективности работы данных предприятий на основании результатов массового маркирования рыбоводной продукции.

Благодарности

Авторы работы выражают глубокую признательность сотруднику ФГБУ «Сахалинрыбвод» М.С. Мякишеву за помощь, оказанную при проведении данной работы.

Литература

1. *Иванов А.П.* Рыбоводство в естественных водоемах. – М.: Агропромиздат, 1988. – 361 с.
2. *Полозова Л.К., Любаева Т.Н.* Эффективность работы сахалинских рыбоводных заводов // Отчет рыбоводного отдела «Сахалинрыбвод». – Южно-Сахалинск, 1978. – 34 с.
3. Теория и практика сохранения биоразнообразия при разведении тихоокеанских лососей / *В.В. Зиничев, В.Н. Леман, Л.А. Животовский, Г.А. Ставенко.* – М.: Мир, 2012. – 287 с.
4. *Volc E.C., Fresh S. L.* Inducement of unique otolith banding patterns as a practical means to mass-mark juvenile Pacific salmon // *Am. Fish. Symp.* – 1990. – № 7. – 203–215 p.
5. *Munc K.M., Geiger H.J.* Thermal marking of otoliths: the «RBr» coding structure of thermal marks. (NPAFC Doc.367) // *Alaska Department of Fish and Game.* – Juneau, Alaska, USA. 1998. – 19 p.
6. Патент РФ 2150827. 20.06.2000.
7. Marking salmon fry with strontium chloride solutions / *S.L. Schroder, C.M. Knudsen, E.C. Volk* // *Can. J. Fishes. Aquat. Sci.* – 1995. – № 52. – 1141–1149 p.
8. *Чистякова А.И.* Миграции молоди горбуши и кеты в Охотском море (Распределение уловов, биологические показатели и структура скоплений): дис. ... канд. биол. наук. – Петропавловск-Камчатский, 2015. – 139 с.

Информация об авторах
Information about authors

Литвиненко Анна Владимировна – Сахалинский государственный университет; 693008, Россия, Южно-Сахалинск; кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, географии и природных ресурсов; vesna271@rambler.ru

Litvinenko Anna Vladimirovna – Sakhalin State University; 693008, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Ecology, Geography and Natural Resources Chair; vesna271@rambler.ru

Попова Дарья Сергеевна – Сахалинская межобластная ветеринарная лаборатория, лаборатория паразитологии; 693003, Россия, Южно-Сахалинск; ихтиолог отдела паразитологии; fgu_sakhmvl@mail.ru

Popova Darya Sergeevna – Sakhalin Interregional Veterinary Laboratory; 693003, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk; Ichthyologist of Parasitology Laboratory; fgu_sakhmvl@mail.ru

РАЗДЕЛ III. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 332.1

С.Г. Бильчинская, И.Н. Сюльжин, Ю.А. Чернявский, Е.В. Шабинская

РЕГРЕССИОННЫЙ ДВУХКОМПОНЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ИНФЛЯЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ В СИСТЕМНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНОВ

Предметом регрессионного анализа являются системные статистические данные регионального экономического развития, характеризующие общую инфляцию в сопоставлении с ростом (падением) заработной платы за период времени с 1.01.2015 г. по 30.06.2016 г. Приводятся регрессионные зависимости: «заработная плата – время»; «заработная плата без инфляционной составляющей – время» и «общая инфляция – время». В расчет принимались данные наблюдения для двух временных периодов: первый – за 2015 г., второй – с 1.01.2016 г. по 30.06.2016 г. Соответствие приведенных линейных уравнений регрессии использованным статистическим данным оценивается коэффициентами детерминации. Установлена необходимость применения для анализа многофакторных инфляционных процессов регрессионных методов, позволяющих выявлять и оценивать статистическое различие между линейными и нелинейными связями.

Ключевые слова: регрессионный анализ, инфляция, экономика региона, средняя зарплата.

S.G. Bilchinskaya, I.N. Syulzhyn, Y.A. Chernyavskiy, E.V. Shabinskaya

DOUBLE-COMPONENT REGRESSION ANALYSIS OF THE INFLATION COMPONENT IN SYSTEMATIC INDICATORS OF REGIONAL ECONOMIC ACTIVITY

The subject of the regression analysis is the system statistical data of regional economic development, characterizing the overall inflation in comparison with the growth (decline) in wages for the period from 01.01.2015 till 30.06.2016. The regression dependences are given according to "wages – time"; "wages without inflationary component – time" and "general inflation – time." The calculation of these observations has been made for the two time periods: the first one is for 2015 year; the second one is from 1.01.2016 till 30.06.2016. The compliance of the above linear regression equations with the used statistics is estimated by coefficients of determination. The necessity to use regression methods for multivariate analysis of inflation is identified. Such methods allow to evaluate the statistical differences between linear and non-linear relationships.

Key words: regression analysis, inflation rate, economy of the region, average salary.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-90-99

Введение

В настоящей работе регрессионный двухкомпонентный линейный анализ применен для исследования временной зависимости (время – независимая переменная) ряда существенных системных показателей текущей и прогнозируемой экономической деятельности региона: общей инфляции, номинальной и реальной заработной платы.

В парном регрессионном анализе поведение некоторой зависимой переменной y оценивается путем определения регрессионной зависимости y от соответственно выбранной независимой переменной x . Для случая простой линейной модели парной регрессии y связан с переменной x следующей зависимостью

$$y = \alpha + \beta x + u, \quad (1)$$

где u – случайная составляющая. В неслучайной составляющей $(\alpha + \beta x)$ величины y параметры α и β – постоянные величины, не имеющие ничего общего с законами вероятности. Значения величины x во всех наблюдениях можно считать заранее заданными и никак не связанными с исследуемой зависимостью. На основании n выборочных наблюдений будем оценивать уравнение регрессии

$$\hat{y} = a + bx. \quad (2)$$

Содержащиеся в уравнении регрессии (2) величины a и b являются лишь оценками α и β , соответственно, а уравнение регрессии отражает только общую тенденцию для выборки. При этом каждое отдельное наблюдение подвержено воздействию случайностей.

При наличии n наблюдений двух переменных x и y используются следующие определения b и a :

$$b = \frac{\text{Cov}(x, y)}{\text{Var}(x)}, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Cov}(x, y) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{x} \bar{y}, \\ \text{Var}(x) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2; \end{aligned} \quad (4)$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x},$$

где $\text{Cov}(x, y)$ – функция взаимной корреляции значений x и y , $\text{Var}(x)$ – выборочная дисперсия [1].

Определение регрессионной зависимости «общая инфляция – время»

Уравнение регрессионной зависимости инфляции от времени в 2015 г. (рис. 1) получено с использованием данных наблюдения, приведенных в табл. 1.

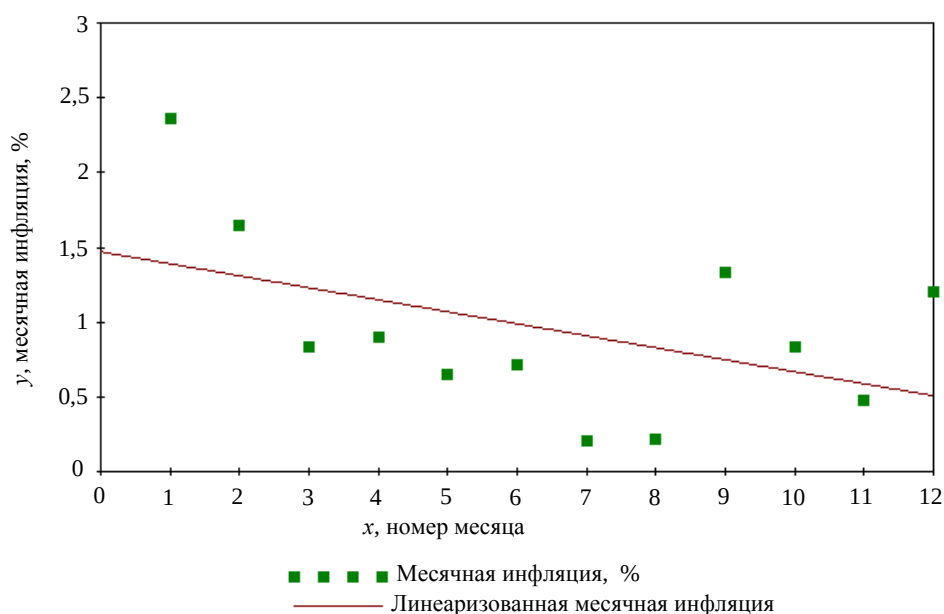


Рис. 1. Регрессионная зависимость общей инфляции от времени в 2015 г.

Таблица 1

Наблюдаемые и расчетные данные для вычисления регрессионной зависимости «общая инфляция – время» за 2015 г.

x	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	y_i	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$x_i y_i$	$\hat{y}_i$	$\hat{y}_i - \bar{\hat{y}}$	$(\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2$	$e_i = y_i - \hat{y}$	$e_i - \bar{e}$	$(e_i - \bar{e})^2$	
1	-5,5	30,25	2,36	1,41	1,99	2,36	1,399	0,446	0,199	0,961	0,9662	0,9335	
2	-4,5	20,25	1,65	0,7	0,49	3,3	1,318	0,365	0,133	0,332	0,3372	0,1137	
3	-3,5	12,25	0,83	-0,12	0,014	2,49	1,237	0,284	0,081	-0,407	-0,4018	0,1615	
4	-2,5	6,25	0,9	-0,05	0,025	3,6	1,156	0,203	0,041	-0,256	-0,2508	0,0629	
5	-1,5	2,25	0,65	-0,3	0,09	3,25	1,075	0,122	0,016	-0,425	-0,4198	0,1763	
6	-0,5	0,25	0,72	-0,23	0,053	4,32	0,994	0,041	0,002	-0,274	-0,2688	0,0723	
7	0,5	0,25	0,21	-0,74	0,55	1,47	0,913	-0,041	0,0016	-0,703	-0,6978	0,4870	
8	1,5	2,25	0,22	-0,73	0,533	1,76	0,832	-0,122	0,015	-0,612	-0,6068	0,3682	
9	2,5	6,25	1,33	0,38	0,144	11,97	0,751	-0,203	0,041	0,579	0,5842	0,3413	
10	3,5	12,25	0,83	-0,12	0,0144	8,3	0,67	-0,284	0,081	0,16	0,1652	0,0273	
11	4,5	20,25	0,48	-0,47	0,221	5,28	0,589	-0,365	0,133	-0,109	-0,1038	0,0108	
12	5,5	30,25	1,2	0,25	0,0625	14,4	0,508	-0,446	0,199	0,692	0,6972	0,4860	
$\bar{x} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{n=12} x_i = \frac{1}{12} \times 78 = 6,5;$ $\text{Var}(x) = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{n=12} (x_i - \bar{x})^2 =$ $= \frac{1}{12} \times 143 = 11,92.$						$\bar{y} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{n=12} y_i =$ $= \frac{1}{12} \times 11,38 = 0,95;$ $\text{Var}(y) = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{n=12} (y_i - \bar{y})^2 =$ $= \frac{1}{12} \times 4,187 = 0,35.$		$\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{n=12} x_i y_i =$ $= 5,21$		$\bar{\hat{y}} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{n=12} \hat{y}_i = \frac{1}{12} \times 11,442 = 0,953$ $\text{Var}(\hat{y}) = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{n=12} (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2 =$ $= \frac{1}{12} \times 0,941 = 0,078$		$\bar{e} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{n=12} e_i = \frac{1}{12} \times (-0,062) = -0,0052$ $\text{Var}(e) = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{n=12} (e_i - \bar{e})^2 =$ $= \frac{1}{12} \times 3,24 = 0,27.$	

$$y = 1,48 + 0,082x. \quad (5)$$

(0,35) (0,047)

$$\text{Cov}(y, x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=12} xy - \bar{x} \bar{y} = \frac{1}{12} \times 62,5 - 6,5 \times 0,95 = -0,975;$$

$$\text{Var}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=12} (x - \bar{x})^2 = \frac{1}{12} \times 143 = 11,92; \quad \bar{y} = \frac{1}{12} \times 11,38 = 0,95;$$

$$b = \frac{\text{Cov}(y, x)}{\text{Var } x} = -0,081; \quad a = \bar{y} - b \bar{x} = 0,95 - (-0,081) \times 6,5 = 1,48.$$

Цифры, указанные в скобках регрессионной зависимости (5), являются стандартными ошибками (с. о.) оценок коэффициентов регрессии a и b , которые рассчитываются по следующим формулам [1]:

$$\begin{aligned} \text{с.о.}(a) &= \sqrt{\frac{s_e^2}{n} \left\{ 1 + \frac{\bar{x}^2}{\text{Var}(x)} \right\}} = \sqrt{\frac{0,324}{12} \left\{ 1 + \frac{42,25}{11,92} \right\}} = 0,35; \\ \text{с.о.}(b) &= \sqrt{\frac{s_e^2}{n \text{Var}(x)}} = \sqrt{\frac{0,324}{12 \times 11,92}} = 0,047; \\ s_e^2 &= \frac{n}{n-2} \text{Var}(e) = \frac{12}{10} \times 0,27 = 0,324; \\ \text{Var}(e) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=12} (e_i - \bar{e})^2 = \frac{1}{12} \times 3,24 = 0,27. \end{aligned} \quad (6)$$

Данными статистическими характеристиками оценивается разброс значений наблюдаемой переменной y относительно значений $\hat{y}$, вычисляемых по регрессионной зависимости (5):

$$\begin{aligned} e_i &= y_i - \hat{y}_i, \\ \bar{e} &= \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} e_i. \end{aligned} \quad (7)$$

Предположим, что начальной задачей оценивания регрессии является подтверждение гипотезы о том, что уровень инфляции незначительно зависит от времени. Соответственно, при принятой начальной гипотезе коэффициент регрессии $\beta_0 = 0$, а « t -статистика» принимает вид:

$$t = \frac{b - \beta_0}{\text{с.о.}(b)} = \frac{-0,081 - 0}{0,047} = -1,72. \quad (8)$$

Для выборки из 12 наблюдений число степеней свободы равняется 10. В соответствии с «таблицей t -распределения» [2] при пятипроцентном уровне значимости критическое значение « t -статистики» лежит между 2,228 и -2,228, а в нашем случае $t = -1,72$, то есть начальную гипотезу нельзя исключать из рассмотрения. Это, разумеется, не устраняет необходимости устанавливать экономические и другие причины инфляционных процессов.

Коэффициент детерминированности для результатов данной регрессионной зависимости (рис. 1) равняется:

$$\begin{aligned}\text{Var}(y) &= \frac{1}{12} \sum (y_i - \bar{y})^2 = \frac{4,19}{12} = 0,35, \\ \text{Var}(\hat{y}) &= \frac{1}{12} \sum (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2 = \frac{1}{12} 0,94 = 0,078, \\ R^2 &= \frac{\text{Var}(\hat{y})}{\text{Var}(y)} = \frac{0,078}{0,35} = 0,22, \quad R^2 = 1 - \frac{\text{Var}(e)}{\text{Var}(y)} \cong 0,22.\end{aligned}\quad (9)$$

Относительно небольшое значение коэффициента R^2 обусловлено следующей причиной. Основной недостаток простого линейного регрессионного анализа состоит в том, что он обеспечивает удовлетворительные результаты только для случаев линейных зависимостей. Для анализа более сложных процессов в экономике целесообразно применять регрессионные методы, позволяющие устанавливать статистическое различие между линейными и нелинейными связями [3].

Возможность построения нелинейных моделей, как с помощью приведения их к линейному виду, так и путем использования нелинейной регрессии, в значительной мере определяет универсальность регрессионного анализа [1]. Для описания зависимостей в экономике часто используются функции вида:

$$y = \alpha x^\beta, \quad (10)$$

которые являются нелинейными как по параметрам, так и по переменным. Здесь y и x – зависимая и независимая переменные, соответственно, а α и β – постоянные коэффициенты, которые определяются в результате регрессионного анализа. Для этого выражение (10) преобразуется в линейное соотношение путем логарифмирования его обеих частей:

$$\ln y = \ln \alpha + \beta \ln x. \quad (11)$$

К линейному виду уравнение (11) трансформируем, обозначая $y' = \ln y$, $\alpha' = \ln \alpha$ и $z = \ln x$:

$$y' = \alpha' + \beta z. \quad (12)$$

После того, как по наблюдаемым значениям вычислены параметры y' , α' и z , с использованием ранее описанной методики определяется регрессионная зависимость:

$$\hat{y}' = \alpha' + \beta z. \quad (13)$$

Коэффициент при переменной z – это собственно коэффициент β искомой регрессионной зависимости, а для получения оценки α необходимо вычислить $\exp(\alpha')$.

Линейный регрессионный анализ отличается, в первую очередь, простотой реализации, а также работоспособностью модели для крайне широкого диапазона входных данных. При этом при использовании результатов регрессионного анализа для прогнозирования линейный метод позволяет сглаживать случайные колебания данных и облегчать анализ основной линии тренда, однако анализ второй и третьей производных в таком случае оказывается невозможным.

Определение регрессионной зависимости номинальной и реальной среднемесячной заработной платы от времени

В табл. 2 приведены данные вычисления регрессионной зависимости среднемесячной заработной платы в регионе во временном интервале от 01.01.2015 г. до 30.06.2016 г. [4].

Таблица 2

**Исходные и расчетные данные для вычисления регрессионной зависимости изменений номинальной среднемесячной заработной платы
в регионе во временном интервале от 01.01.2015 г. до 30.06.2016 г.**

x	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	y_i	$(y_i - \bar{y})^2$	$x_i y_i$	$\hat{y}_i$	$\hat{y}_i - \bar{\hat{y}}$	$(\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2$	$e_i = y_i - \hat{y}$	$e_i - \bar{e}$	$(e_i - \bar{e})^2$
1	-8,5	72,25	602,3	5535,4	602,3	634,6	-42,05	1768,2	-32,35	-32,37	1047,8
2	-7,5	56,25	612,9	4070,4	1225,8	639,6	-37,1	1376,4	-26,7	-26,7	713,96
3	-6,5	42,25	648,3	800,9	1944,9	644,5	-32,2	1036,8	3,8	3,8	14,29
4	-5,5	30,25	653,6	533,6	2614,4	649,5	-27,2	739,8	4,1	4,08	16,65
5	-4,5	20,25	668,7	64,0	3343,5	654,4	-22,3	497,3	14,3	14,28	203,92
6	-3,5	12,25	688,4	136,9	4130,4	659,4	-17,3	299,3	29	28,98	839,84
7	-2,5	6,25	700,9	585,6	4906,3	664,3	-12,4	153,76	36,6	36,58	1338,1
8	-1,5	2,25	697,1	416,2	5576,8	669,3	-7,4	54,76	27,8	27,78	771,73
9	-0,5	0,25	686,3	92,2	6176,7	674,2	-2,5	6,25	12,1	12,08	145,93
10	0,5	0,25	683,8	50,4	6838,0	679,2	2,5	6,25	4,6	4,58	20,98
11	1,5	2,25	674,9	3,2	7423,9	684,1	7,4	54,76	-9,2	-9,22	85,01
12	2,5	6,25	671,9	23,0	8062,8	689,1	12,4	153,76	-17,2	-17,22	296,53
13	3,5	12,25	655,2	462,2	8517,6	694,1	17,35	301,02	-38,8	-38,82	1507
14	4,5	20,25	661,6	228,0	9262,4	699,0	22,3	497,29	-37,4	-37,42	1400,26
15	5,5	30,25	709,5	1075,8	10642,5	703,9	27,2	739,84	5,6	5,58	31,14
16	6,5	42,25	708,6	1017,6	11337,6	708,9	32,2	1036,84	-0,31	-0,32	0,1
17	7,5	56,25	718,3	1730,6	12211,1	713,8	37,1	1376,41	4,5	4,48	20,07
18	8,5	72,25	738,7	3844,0	13296,6	718,8	42,1	1772,41	19,9	19,58	395,21
$\bar{x} = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} x_i = \frac{1}{18} \times 171 = 9,5;$ $\text{Var}(x) = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} (x_i - \bar{x})^2 =$ $= \frac{1}{18} \times 4845 = 26,9.$			$\bar{y} = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} y_i =$ $= \frac{1}{18} \times 121811 = 6767;$ $\text{Var}(y) = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} (y_i - \bar{y})^2 =$ $= \frac{1}{18} \times 206700 = 11483.$		$\overline{xy} =$ $= \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} x_i y_i =$ $= \frac{1}{18} \times 1181136 =$ $= 65619.$	$\bar{\hat{y}} = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} \hat{y}_i =$ $= \frac{1}{18} \times 121811 = 6767;$ $\text{Var}(y) = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2 =$ $= \frac{1}{18} \times 118710 = 6595.$			$\bar{e} = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} e_i = \frac{1}{18} \times 0,35 = 0,02;$ $\text{Var}(e) = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} (e_i - \bar{e})^2 =$ $= \frac{1}{18} \times 884852 = 49158;$ $R^2 = 1 - \frac{\text{Var}(e)}{\text{Var}(y)} = 1 - \frac{49158}{11483} = 0,57.$		

Расчетные значения коэффициентов регрессии для этого случая равнялись:

$$b = \frac{\text{Cov}(x, y)}{\text{Var}(x)} = \frac{133,25}{26,9} = 4,95 ; \quad (14)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 676,7 - 4,95 \times 9,5 = 629,7.$$

Соответственно, имеем следующую регрессионную зависимость:

$$\hat{y} = 629,7 + 4,95 x. \quad (15)$$

Дисперсии наблюдаемых и регрессионных значений среднемесячной заработной платы равнялись, соответственно [3]:

$$\begin{aligned} \text{Var}(y) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=18} (y_i - \bar{y})^2 = \frac{1}{18} 20670 = 1148,3; \\ \text{Var}(\hat{y}) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=18} (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2 = \frac{1}{18} 11871 = 659,5. \end{aligned} \quad (16)$$

Коэффициент детерминации, характеризующий уровень соответствия линии регрессии всем наблюдениям, будет равен:

$$R^2 = \frac{\text{Var}(\hat{y})}{\text{Var}(y)} = \frac{659,5}{1148,3} = 0,574. \quad (17)$$

При полном соответствии линии регрессии всем наблюдениям максимальное значение коэффициента R^2 равняется 1, поэтому полученное значение $R^2 = 0,574$ будем считать приемлемым [5].

Регрессионная зависимость среднемесячной заработной платы совместно со статистическими данными за соответствующий период времени (от 01.01.2015 г. до 30.06.2016 г.) в регионе приведена на рис. 2.

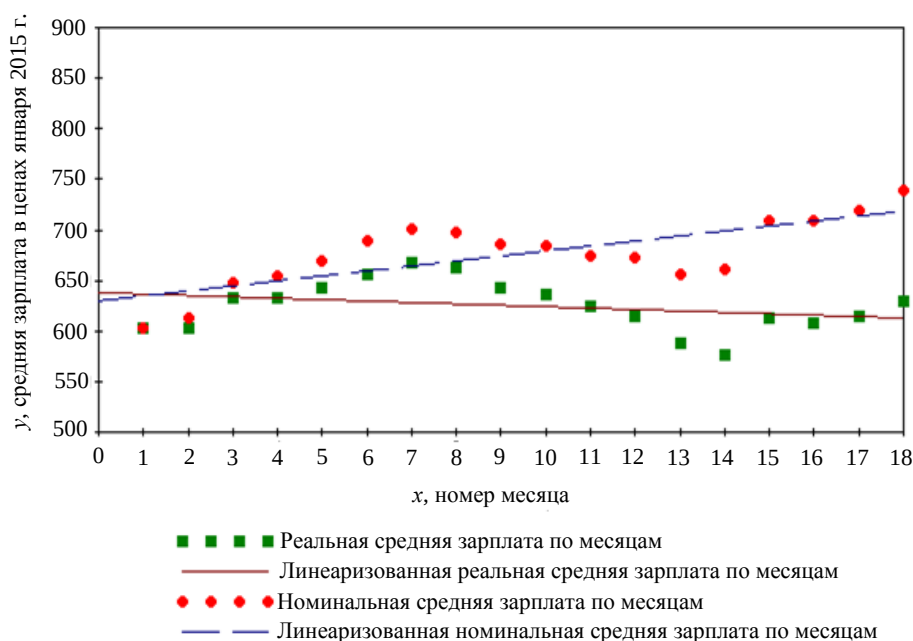


Рис. 2. Средняя зарплата по месяцам

В табл. 3 представлены результаты вычисления регрессионной зависимости среднемесячной реальной (из номинальной удаляется инфляционный компонент) заработной платы в регионе во временном интервале от 01.01.2015 г. до 30.06.2016 г.:

$$y'_i = y_i / k_i * 100, \quad (18)$$

где k — коэффициент инфляции соответствует индексу потребительских цен [6], а его начальное значение в январе 2015 г. принимается равным 100 (рис. 3).

Таблица 3

**Исходные и расчетные данные для вычисления регрессионной зависимости изменения реальной среднемесячной заработной платы
в регионе во временном интервале от 01.01.2015 г. до 30.06.2016 г.**

$x(t)$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	y_i	k_i	$y'_i = y_i / k_i * 100$	$y'_i - \bar{y}'$	$(y'_i - \bar{y}')^2$	$x_i y'_i$	$\bar{y}'$	$\hat{y}'_i - \bar{y}'$	$(\hat{y}'_i - \bar{y}')^2$
1	-8,5	72,25	602,32	100,000	602,32	-22,43	503,09	602,32	636,65	11,90	141,61
2	-7,5	56,25	612,91	101,650	602,96	-21,79	474,74	1205,92	635,25	10,50	110,25
3	-6,5	42,25	648,37	102,494	632,59	7,85	61,55	1897,78	633,85	9,10	82,81
4	-5,5	30,25	653,61	103,416	632,02	7,27	52,85	2528,08	632,45	7,70	59,29
5	-4,5	20,25	668,76	104,088	642,49	17,74	314,83	3212,46	631,05	6,30	39,69
6	-3,5	12,25	688,37	104,838	656,60	31,86	1014,75	3939,63	629,65	4,90	24,01
7	-2,5	6,25	700,86	105,058	667,12	42,37	1795,07	4669,82	628,25	3,50	12,25
8	-1,5	2,25	697,05	105,289	662,03	37,28	1390,15	5296,27	626,85	2,10	4,41
9	-0,5	0,25	686,30	106,689	643,27	18,52	342,97	5789,42	625,45	0,70	0,49
10	0,5	0,25	683,76	107,575	635,61	10,86	118,01	6356,13	624,05	-0,70	0,49
11	1,5	2,25	674,87	108,091	624,35	-0,40	0,16	6867,87	622,65	-2,10	4,41
12	2,5	6,25	671,87	109,388	614,21	-10,54	111,17	7370,47	621,25	-3,50	12,25
13	3,5	12,25	655,16	111,423	587,99	-36,76	1351,01	7643,92	619,85	-4,90	24,01
14	4,5	20,25	661,57	114,665	576,96	-47,79	2284,14	8077,40	618,45	-6,30	39,69
15	5,5	30,25	709,45	115,617	613,62	-11,13	123,86	9204,30	617,05	-7,70	59,29
16	6,5	42,25	708,59	116,438	608,56	-16,19	262,24	9736,89	615,65	-9,10	82,81
17	7,5	56,25	718,29	117,009	613,88	-10,87	118,19	10435,93	614,25	-10,50	110,25
18	8,5	72,25	738,74	117,465	628,90	4,15	17,25	11320,25	612,85	-11,90	141,61
$\bar{x} = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} x_i = \frac{1}{18} \times 171 = 9,5;$ $\text{Var}(x) = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} (x_i - \bar{x})^2 =$ $= \frac{1}{18} \times 484,5 = 26,92.$					$\bar{y}' = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} y'_i = \frac{1}{18} \times 11245,49 = 624,75;$ $\text{Var}(y') = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} (y'_i - \bar{y}')^2 =$ $= \frac{1}{18} \times 10336,04 = 574,22.$			$\overline{xy'} =$ $= \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} x_i y'_i =$ $= \frac{1}{18} \times 106154,87 =$ $= 5897,49.$		$\bar{\hat{y}}' = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} \hat{y}'_i = \frac{1}{18} \times 11245,5 =$ $= 624,75;$ $\text{Var}(\hat{y}') = \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{n=18} (\hat{y}'_i - \bar{\hat{y}}')^2 =$ $= \frac{1}{18} \times 949,62 = 52,76.$	

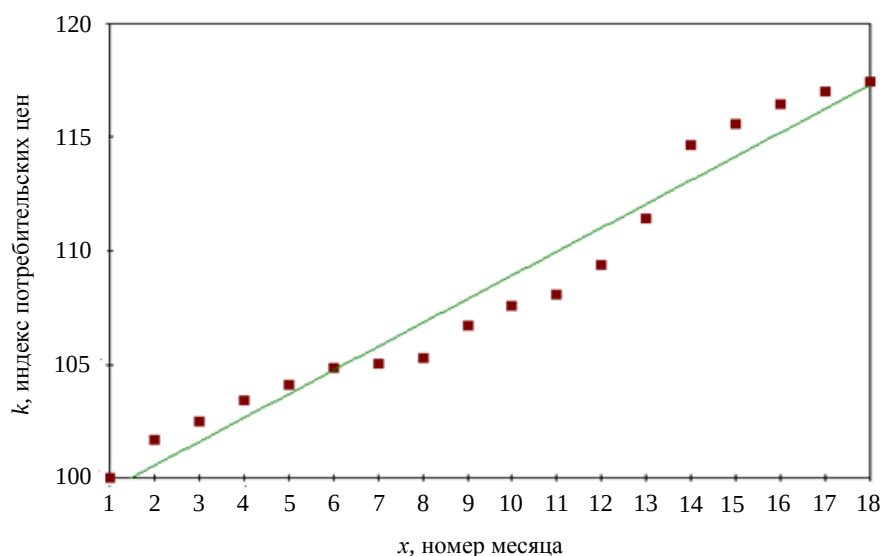


Рис. 3. Индекс потребительских цен по месяцам

В данном случае получено следующее регрессионное уравнение

$$\hat{y}' = 638,03 - 1,398x. \quad (19)$$

$$\text{Cov}(x, y') = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=18} xy' - \bar{x} \bar{y}' = \frac{1}{18} 10615487 - 9,5 \times 624,75 = -37,63,$$

$$\text{Var}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=18} (x - \bar{x})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=18} x^2 - \bar{x}^2 = \frac{1}{18} \times 484,5 = 26,9;$$

$$b = \frac{\text{Cov}(x, y')}{\text{Var } x} = -1,398; \quad a = \bar{y}' - b\bar{x} = 624,75 - (-1,398 \times 9,5) = 638,031.$$

Коэффициент детерминации, характеризующий уровень соответствия линии регрессии всем наблюдениям, будет равен:

$$R^2 = \frac{\text{Var}(\hat{y}')}{\text{Var}(y')} = \frac{52,76}{574,22} = 0,092. \quad (20)$$

Отличие коэффициентов детерминации (17) и (20) может быть обусловлено тем, что имеющее место в регионе изменение среднемесячной заработной платы оказывает соответствующее влияние на уровень инфляции [7].

Выводы

Для обеспечения лучшего соответствия наблюдаемых данных и аналитических результатов необходимо использовать более совершенные модели регрессионного анализа, учитывающие реальные нелинейные зависимости. Применение линейного регрессионного анализа позволяет выделить четкие направления трендов и на основе них предсказывать дальнейшее направление движения, однако для более точного прогнозирования стоит использовать нелинейные модели, которые позволяют не только оценивать, выявлять, но и прогнозировать воздействия комплекса факторов на различные показатели экономической деятельности регионов.

Литература

1. *Дугерти К.* Введение в эконометрику: пер. с англ. – М: ИНФРА-М, 1999. – XIV. – 402 с.
2. *Harvey A.* The Econometric Analysis of Time Series. – Oxford: Philip. Allan, 1981. – XVII. – 410 p.

3. *Cramer J.S.* Econometric Applications of Maximum Likelihood Method. – Cambridge: Cambridge University Press, 1986. – XXI. – 541 p.
4. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: <http://belstat.gov.by/> (дата обращения: 29.08.2016).
5. *Breusch T.S., Godfrey L.* A review of recent work on testing for auto-correlation in dynamic simultaneous models. – London: Croom Helm, 1981. – P. 324-329.
6. *Макконнелл К.Р., Брю С.Л.* Экономикс: принципы, проблемы и политика: пер. с 13-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 1999. – XXXIV. – 974 с.
7. Методика выбора премиального вознаграждения сотрудникам аппарата управления с учетом чистой прибыли, себестоимости и сбыта выпускаемой предприятием продукции / *И.Н. Сюльжин, Т.Г. Протько, С.Ю. Протасеня, Ю.А. Чернявский, Е.В. Шабинская* // Электроника инфо. – 2015. – № 1. – С. 30–36.

Информация об авторах

Бильчинская Светлана Геннадьевна – Академия управления при Президенте Республики Беларусь; 220007, Беларусь, Минск; кандидат физико-математических наук, доцент, директор Центра информационных технологий; Bilchinskaya_SG@pac.by

Bilchinskaya Svetlana Gennadevna – Academy of Public Administration under the aegis of the President of the Republic of Belarus; 220007, Belarus, Minsk; Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Director of the IT Centre; Bilchinskaya_SG@pac.by

Сюльжин Иван Николаевич – Белорусский государственный университет; 220030, Беларусь, Минск; ассистент кафедры интеллектуальных систем; ivan.syulzhin@yandex.ru

Syulzhyn Ivan Nikolaevich – Belarusian State University; 220030, Belarus, Minsk; Assistant of Intellectual Systems Chair; ivan.syulzhin@yandex.ru

Чернявский Юрий Александрович – Институт информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники; 220037, Беларусь, Минск; кандидат технических наук, декан факультета повышения квалификации и переподготовки; chernyavskiy@bsuir.by

Chernyavskiy Yuriy Aleksandrovich – Belarussian State University of Informatics and Radio electronics; 220037, Belarus, Minsk; Candidate of Technical Science, Dean of Advanced Training and Retraining Department of Institute of Information Technologies; chernyavskiy@bsuir.by

Шабинская Елена Владимировна – Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко Белорусского государственного университета; 220045, Беларусь, Минск; кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории вычислительных систем; shabinskaya@rambler.ru

Shabinskaya Elena Vladimirovna – A.N. Sevchenko Institute of Applied Physics Problems of Belarusian State University; 220045, Belarus, Minsk; Candidate of Technical Science; Associate Professor, Leading Researcher of Computer Systems Laboratory; shabinskaya@rambler.ru

УДК 338.43:639.2 +519.866

Е.Г. Михайлова, М.Ю. Дьяков**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЫБНОЙ ОТРАСЛИ
НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Показаны результаты применения имитационной модели, позволяющей оценить возможные стратегические направления ресурсосбережения при переработке водных биоресурсов. Оцениваются абсолютные и относительные показатели результатов экспериментов по различным вариантам переработки горбуши и минтая.

Ключевые слова: имитационная модель, эффективность, ресурсосбережение, отходы, рыбная отрасль, устойчивое развитие.

E.G. Mikhaylova, M.U. Dyakov**EFFICIENCY ASSESSMENT OF RESOURCE-SAVING IN FISH INDUSTRY
ON THE BASIS OF SIMULATION MODELLING**

The article describes the results of the simulation model allowing to evaluate possible strategic directions of resource saving in the processing of aquatic biological resources. Absolute and relative measures of the experiment results by various options of humpback salmon and pollock processing are estimated.

Key words: simulation model, efficiency, resource-saving, waste, fishing industry, sustainable development.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-100-108

Переход региона к устойчивому развитию предполагает внедрение ресурсосбережения во всех видах экономической деятельности, и, в первую очередь, в одной из ведущих отраслей Камчатки – рыбной. Для успешного осуществления этого процесса необходимы соответствующие инструменты анализа и оценки вариантов и направлений внедрения ресурсосберегающих технологий (РСБ).

Одним из наиболее перспективных инструментов для решения этой задачи является имитационное моделирование. К его преимуществам можно отнести, во-первых, возможность его применения к сложным слабоформализуемым системам, а также высокую толерантность к качеству информационной базы. Можно отметить и уже имеющиеся положительные результаты изучения схожих объектов методами имитационного моделирования [1, 2], которые позволяют предположить возможность расширения сферы применения этого инструмента.

Для обоснования возможности использования имитационного моделирования в исследовании проблем РСБ в рыбной отрасли были решены следующие задачи:

- выделить основные компоненты процесса РСБ;
- построить алгоритмическую сеть имитационной модели РСБ в рыбной отрасли и провести на ней серию экспериментов;
- на основе полученных результатов обосновать возможность использования предлагаемой модели в качестве инструмента оценки эффективности ресурсосбережения.

В целях исследования и выявления перспективных ресурсосберегающих направлений по использованию водных биоресурсов (ВБР) была построена имитационная модель «Эффект РСБ». Модель была создана с помощью программного продукта «ЭКО-САПФИР», специально разра-

ботанного для использования языка алгоритмических сетей (ЯАС) и решения задач эколого-экономического моделирования [3]. Расшифровка алгоритмического потокового базиса языка ЯАС приведена на рис. 1.

Название оператора или переменной	Графическое представление	Реализуемая функция или примечание
1. Сложение		$X_3 = X_1 + X_2$
2. Вычитание		$X_3 = X_1 - X_2$
3. Умножение		$X_3 = X_1 \times X_2$
4. Деление		$X_3 = X_1 / X_2$
5. Разливание потока в заданной пропорции		$X_3 = X_1 \times (1 - X_4)$ $X_1 = X_4 + X_3$
6. Выбор максимального потока от нуля		$X_1 = \max(0, X_2)$
7. Выбор минимального потока		$X_3 = \min(X_1, X_2)$
8. Выбор максимального потока		$X_3 = \max(X_1, X_2)$
9. Логический ключ (выбор по условию)		$X_3 = X_1 \text{ при } X_4 > 0$ $X_3 = X_2 \text{ при } X_4 \geq 0$
10. Задержка потока во времени		$X_2(t) = X_1(t-1)$
11. Табличная функция		$X_2 = TF(X_1)$
Идеограммы переменных		
1. Переменные состояния		Значения задаются на начало первого периода
2. Входные коэффициенты или временные ряды		Значения задаются постоянными на все периоды или на каждый период.
3. Междисциплинарные переменные (межблочные)		Рассчитываются в моделях других предметных областей (блоков)
4. Прочие входные, выходные и промежуточные переменные		Задаются или рассчитываются в моделях, принадлежащих к одной предметной области

Рис. 1. Алгоритмический потоковый базис ЯАС [3]

При построении модели учитывались следующие важные компоненты процесса РСБ (рис. 2): ресурсы, финансовые возможности, технологический процесс переработки ВБР, способы производства с получением отходов или безотходное производство.



Рис. 2. Взаимосвязь блоков в модели «Эффект РСБ»

Модельный комплекс начинает расчет с ненулевого значения основных производственных фондов (ОПФ) и нулевого значения инвестиций в ОПФ. Для расчетов использовались данные годовых и бухгалтерских отчетов предприятий, осуществляющих вылов и переработку ВБР в Камчатском крае, которые можно получить в открытом доступе на сайте «Центр раскрытия корпоративной информации» [4].

Сеть ресурсно-экономического блока в языке ЯАС представлена на рис. 3. Объем вылова ВБР на предприятии ($a19$), с одной стороны, ограничен ОДУ (общий допустимый улов) ($a10$), с другой – возможностью добыть и переработать ВБР собственными производственными фондами, что отражает показатель максимально возможного вылова на предприятии ($a9$). Коэффициент вылова ($a8$) определен неизменной величиной, исходя из средних значений для предприятий в целом рыбной отрасли Камчатского края (с учетом корректировки по данным крупного предприятия (АО «Океанрыбфлот») и среднего предприятия (АО «Колхоз им. Бекерова»)).

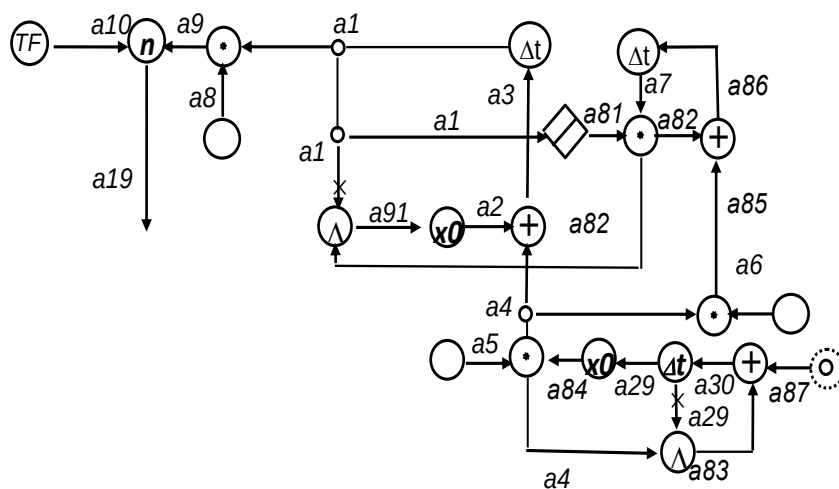


Рис. 3. Алгоритмическая сеть ресурсно-экономического блока

Максимальный объем вылова, определяемый по ОДУ ($a10$), в модели задается табличной функцией за пятилетний период. Это позволяет учесть колебания подходов горбуши в четный/нечетный год, а также рассмотреть варианты как роста, так и сокращения уловов других

видов ВБР, например, минтая, которые могут быть вызваны различными факторами, в частности экзогенными по отношению к предприятию – природно-климатическими.

Ежегодный финансовый результат в целом (помимо цен и затрат) определяется под влиянием объема вылова (ресурсный блок), способа переработки ВБР (технологический блок), варианта использования отходов (блок отходов производства). В модели можно увидеть финансовый результат за год (a_{87}), который формируется в технологическом блоке (a_{99}) и в блоке отходов производства (a_{77}), а также накопленный финансовый результат на начало периода (a_{29}) и на конец периода (a_{30}).

Технологический блок модели позволяет с помощью оператора «разливания потока» в заданной пропорции учесть несколько направлений сырья в переработку ($a_{18} - a_{68}$). Сеть технологического блока в языке ЯАС представлена на рис. 4. Если предприятие добывает минтай, то возможно производство из него неразделанной мороженой тушки (НР), потрошеной без головы (БГ), филе, икры мороженой, молоко, печени. Переработка горбуши предполагает также выпуск неразделанной мороженой тушки, но, помимо полупотрошеной без головы (ПБГ), возможно предусмотреть полупотрошеную с головой (ПСГ), филе, икры мороженой, молоко, печень не выделяется в отдельный вид продукции. Наиболее общее представление о вероятных видах переработки ВБР можно получить на основе информации, размещаемой на сайтах предприятий рыбной отрасли, например, такой список продукции представлен АО «Колхоз им. Бекерева» [5]. При необходимости и наличии информации о выпуске других видов продукции в модели «Эффект РСБ» можно расширить ряд переменных ($a_{18} - a_{68}$).

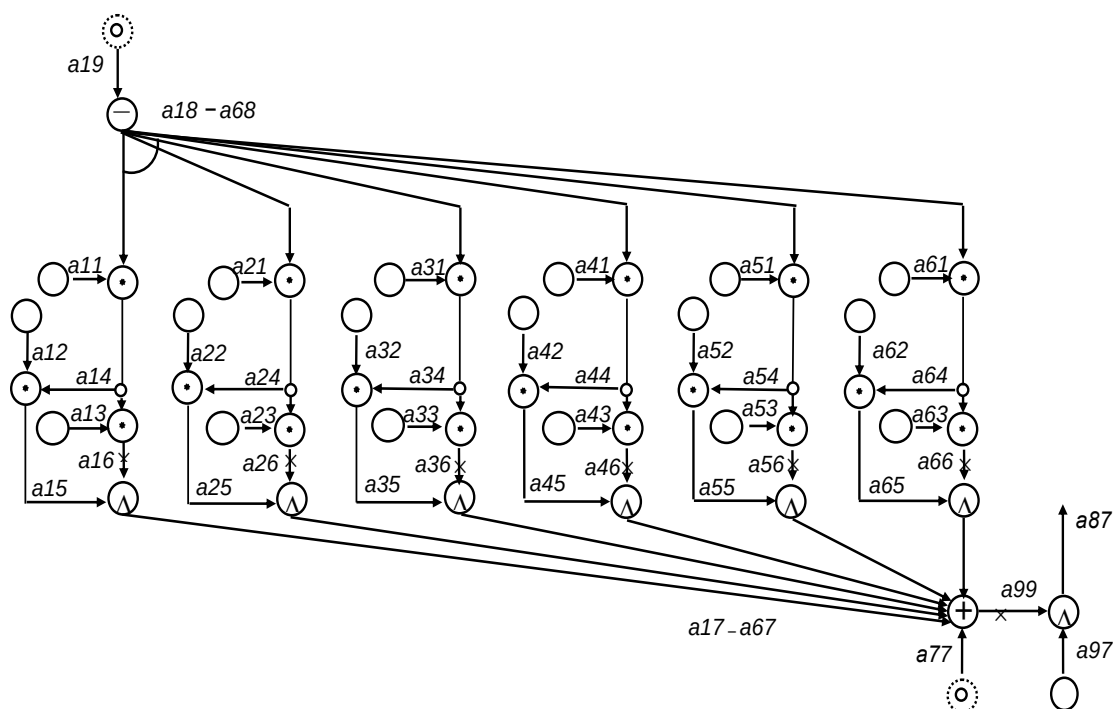


Рис. 4. Алгоритмическая сеть технологического блока

Помимо показателей, отражающих непосредственно переработку ВБР в технологическом блоке, используются экономические показатели: цена, переменные затраты, маржинальная прибыль. Результат работы технологического блока определяет общая маржинальная прибыль от переработанных ВБР (a_{99}). В свою очередь маржинальная прибыль зависит от объема произведенной продукции (a_{14}), цены ($a_{13} - a_{63}$), переменных затрат ($a_{12} - a_{62}$). Расчет объема выпуска продукции определяется на основе заданных пропорций в направлениях сырья по видам переработки и соответствующих коэффициентов выхода продукции согласно Бассейновым нормам отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженой и кормовой продукции из рыб Дальнего Востока [6].

Путем сопоставления производственной мощности (a_9) и общего допустимого улова (a_{10}) (выбор минимального потока) определяется действительный объем вылова (a_{19}). Полученный

действительный объем вылова распределяется на различные виды продукции по задаваемой в ходе экспериментов пропорции ($a18 - a68$), а затем через коэффициенты выхода продукции ($a11 - a61$) преобразуется в объем выпуска продукции по видам переработки ($a14 - a64$). Далее через удельные переменные затраты ($a12 - a62$) и цену единицы продукции ($a13 - a63$) выпуск продукции участвует в определении общих переменных затрат ($a15 - a65$) и выручки ($a16 - a66$). На выходе блока рассчитывается маржинальная прибыль по видам переработки ($a17 - a67$), которая аккумулируется в общую маржинальную прибыль ($a99$) и общий финансовый результат ($a87$), который далее уходит в экономический блок.

Блок «отходы» позволяет рассмотреть влияние на общий результат работы предприятия «отходного» или безотходного способа производства. В качестве «отходного» способа производства рассматривается вывоз отходов на свалку, что предполагает дополнительные затраты для предприятия. Безотходный способ предполагает переработку отходов в кормовую муку. Бесспорно, из отходов рыбо- и морепродукции возможно изготовление самых разнообразных продуктов, которые могут найти применение и в медицине, и в легкой промышленности, а также в смежных областях пищевой промышленности [7]. Однако на практике предприятия не занимаются производством даже кормовой муки, предпочитая вывоз отходов на свалку, зачастую несанкционированную [8]. «Отходный» способ, по сути, всегда предполагает только затраты, которые растут с ростом отходов. Мы не рассматриваем такие варианты избавления от отходов, обеспечивающие меньший уровень затрат, как вывоз и сброс в несанкционированных местах, поскольку экономия на расходах, вполне вероятно, может обернуться дополнительными штрафами. Безотходный способ может приносить как доходы, так и расходы, поскольку предполагает дополнительные вложения в оборудование, что приведет к появлению постоянных затрат (как минимум в размере амортизационных отчислений). Поэтому с ростом отходов безотходный способ будет приносить больше прибыли. При наличии достоверной информации о затратах и доходах возможно включение в модель и такого варианта обращения с отходами, как передача переработки отходов на аутсорсинг.

Сеть блока отходов в языке ЯАС представлена на рис. 5. Общая величина отходов отражается переменной (*a50*). Переключение с «отходного» на безотходный способ производства осуществляется с помощью переменных (*a73*) и (*a75*).

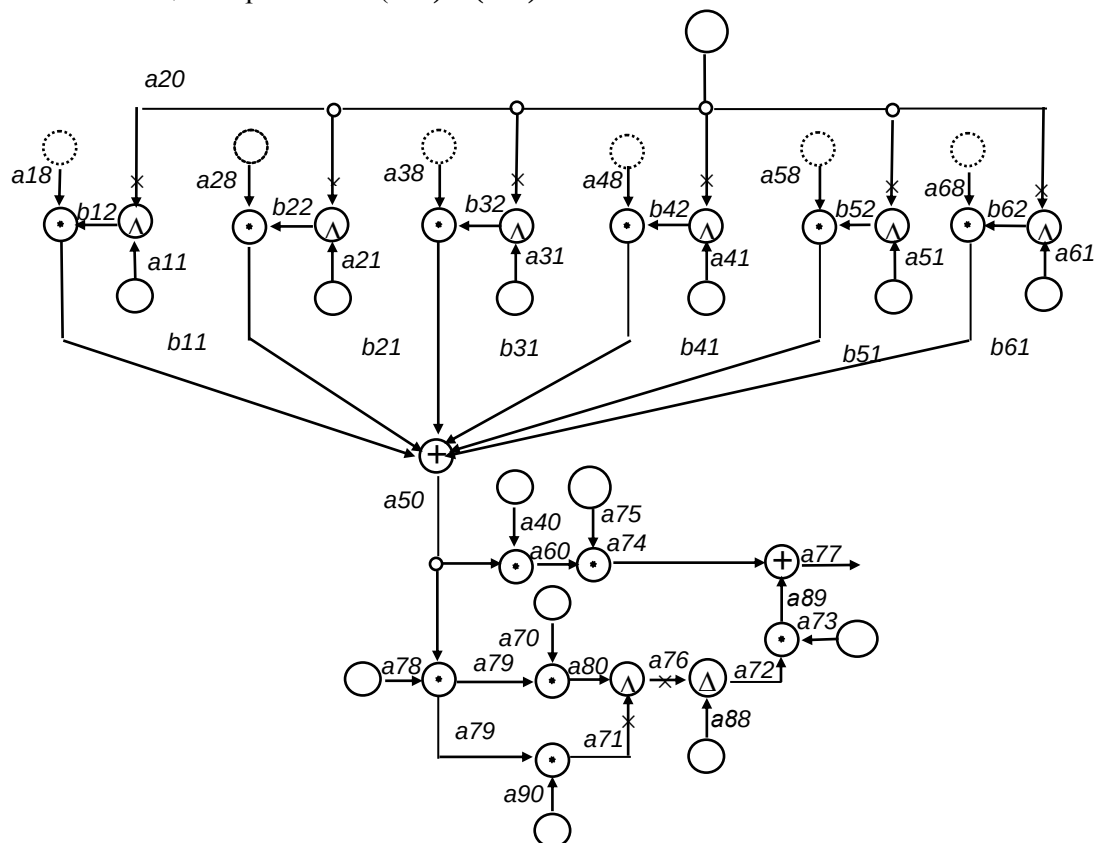


Рис. 5. Алгоритмическая сеть блока «отходы»

Общий результат блока отходов (a_{77}) и технологического блока (a_{99}) с учетом общих постоянных затрат на производство (a_{97}) формирует общий финансовый результат предприятий на конец периода (a_{87}), который поступает в экономический блок. При выборе показателей эффективности мы учитывали различные ее виды [9]. Для анализа эффективности производственного процесса, учитывающего также и целесообразность безотходного способа производства, позволяющего обеспечить ресурсосбережение, считаем возможным расчет следующих критериев эффективности: прибыль на тонну вылова, прибыль на единицу среднегодовой величины ОПФ (фондорентабельность), прибыль на тонну отходов (отходорентабельность). При расчете указанных критериев используется финансовый результат деятельности предприятий на конец периода. В наиболее общем виде можно сформировать представление о приоритетности того или иного варианта переработки ВБР с помощью сопоставления абсолютного критерия эффективности – финансовый результат деятельности предприятий на конец периода, и относительного – прибыль на тонну вылова.

Для количественного анализа решаемых в настоящем исследовании задач на модели была проведена серия экспериментов. Их целью являлось выявление и оценка стратегических альтернатив развития предприятия через определение приоритетных направлений переработки ВБР на примере двух наиболее важных промысловых объектов: минтая, горбуши. Условный расчетный шаг (цикл) модели – 1 год. Общее количество расчетных циклов – 5, то есть эксперименты охватывали 5 лет.

Для каждого вида ВБР предусматривалось четыре варианта распределения вылова на способы переработки, в каждом из них рассматривался как отходный, так и безотходный способ производства, соответственно, получены результаты шестнадцати экспериментов. В экспериментах использовались обобщенные данные по предприятиям рыбной отрасли Камчатского края, размещенные в открытом доступе. Оценка накопленного предприятием финансового результата на конец периода при производстве горбуши представлена на рис. 6.

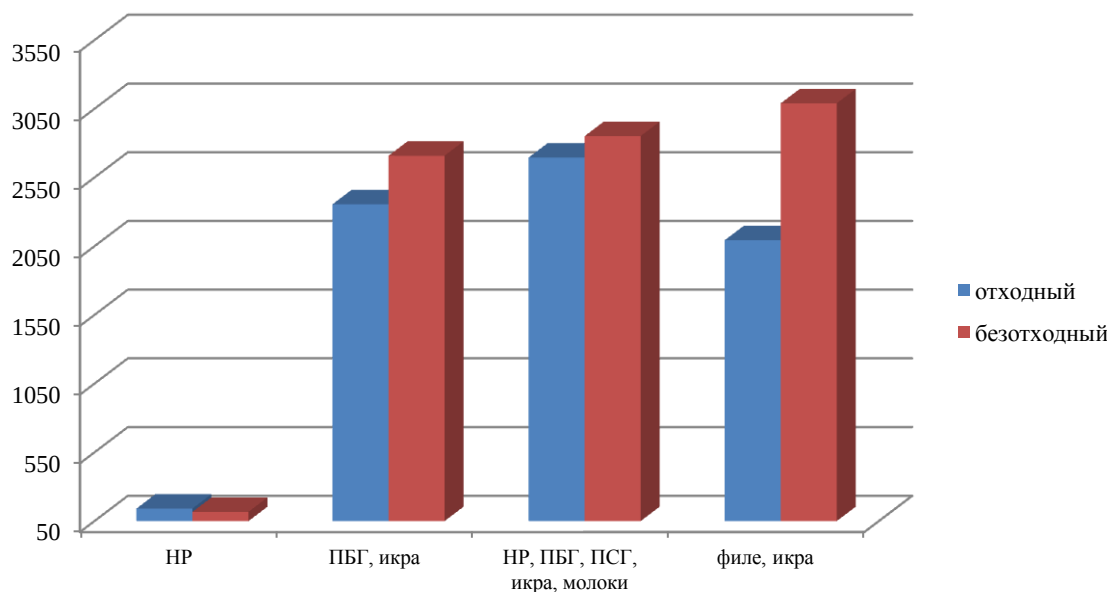


Рис. 6. Накопленный финансовый результат при производстве продукции из горбуши на конец периода, млн руб.

Большое количество отходов при разделке горбуши на филе отражается на заметном снижении финансового результата при отходном способе производства, также заметно и падение относительного показателя эффективности производства – прибыли на тонну вылова (рис. 7). Низкий уровень отходов, получаемых при фактическом отсутствии переработки ВБР в условиях производства мороженой неразделанной продукции, не дает преимущества безотходному способу производства. Ценность икры как продукта возвратных отходов в переработке не только горбуши, но и в целом рыб лососевых пород отражается на значительном превышении – более чем на порядок – финансового результата даже при самом простом способе переработке продукции – ПБГ.

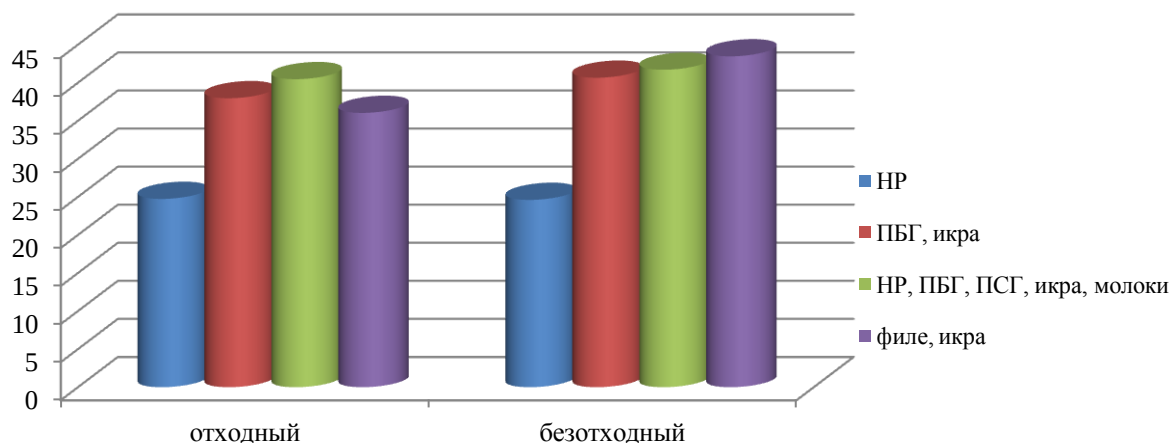


Рис. 7. Прибыль на тонну вылова при производстве продукции из горбуши, тыс. руб.

Максимальный уровень относительного показателя эффективности достигается при безотходном производстве филе – 43 тыс. руб./т, минимальный – 25 тыс. руб./т – при отходном производстве горбуши HP. Если мы обратим внимание на безотходный способ производства, то увидим, что, с учетом исключения неразделанной продукции разница в уровнях показателей эффективности незначительна. Достаточно произвести разделку горбуши на ПБГ и икру, чтобы получить ощутимый рост прибыли. При этом дальнейшая переработка ВБР будет связана с ростом риска реализации, поскольку требует затрат на продвижение продукции и выход на рынки небиржевых товаров, к которым можно отнести продукцию ПБГ, ПСГ, а также на рынки дифференцированных продуктов, на которых, помимо ценовой конкуренции, заметную роль играет и неценовая.

Выбирая стратегию производства, предприятие сопоставляет не только уровни ожидаемой прибыли, но и возможный риск. Вполне вероятно, что конъюнктура на современных рынках продукции из ВБР такова, что коммерческие риски производства продукции с большей степенью переработки заставляют согласиться с тем уровнем прибыли, который гарантирует продажа продукции типа ПБГ, ПСГ. Кроме коммерческого риска на предприятиях рыбной отрасли, добывающих и/или перерабатывающих горбушу, важно учитывать и риск годовых колебаний объемов вылова.

Так же, как и при производстве мороженой неразделанной горбуши, отходный способ производства имеет больший финансовый результат только при выпуске неразделанного минтая (рис. 8). Заметна большая дифференциация как в абсолютной величине дохода, так в уровнях относительной эффективности производства (рис. 9), по сравнению с результатами производства горбуши, при увеличении степени переработки минтая. Это можно объяснить меньшей ценностью возвратных отходов в переработке минтая, в первую очередь икры. Если стоимость выпуска икры горбуши превышала стоимость филе на 22%, то стоимость икры минтая почти в четыре раза меньше стоимости филе минтая.

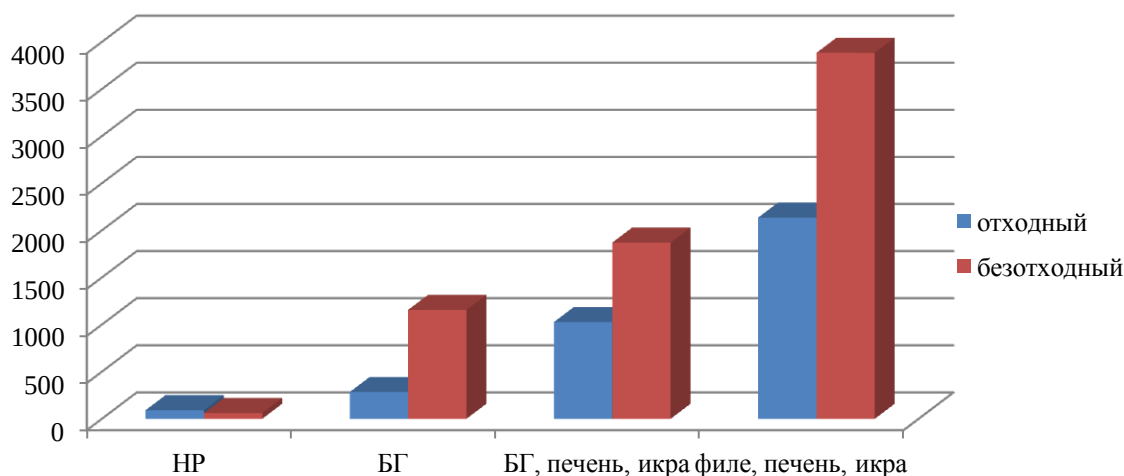


Рис. 8. Накопленный финансовый результат при производстве продукции из минтая на конец периода, млн руб.

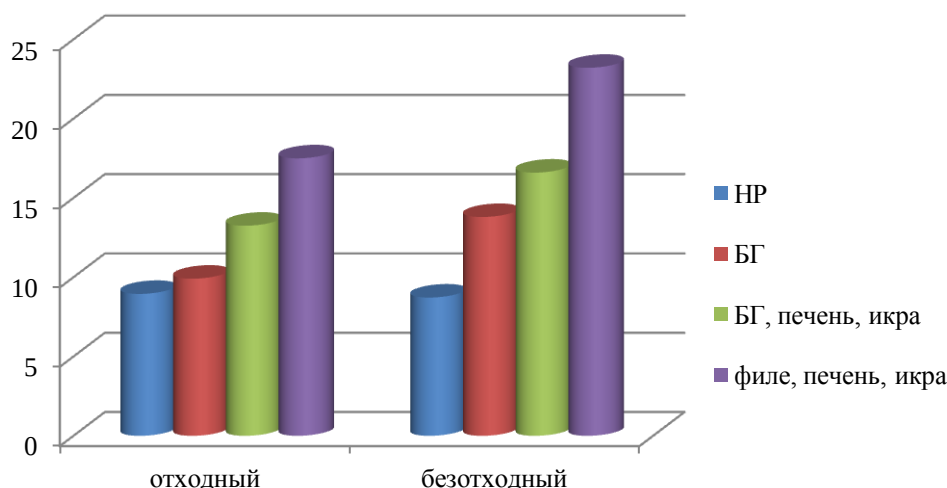


Рис. 9. Прибыль на тонну вылова при производстве продукции из минтая, тыс. руб.

Как показали эксперименты, проведенные на имитационной модели «Эффект РСБ», данный инструмент позволяет обосновать стратегический выбор при планировании ресурсосберегающего производства, дающего возможность не только сократить объем отходов, но и получить наибольшую прибыль. Экономические стимулы на уровне предприятия позволяют обеспечить минимальный уровень переработки продукции.

Разработанный для решения этой задачи методический аппарат и модельный инструментарий дает удовлетворительные результаты уже на настоящем этапе и может быть в дальнейшем модернизирован. Среди направлений модернизации видится уточнение и расширение информационного массива, используемого для экспериментов; учет различных типов воспроизводства основного капитала, расширение как способов переработки ВБР, так и вариантов использования отходов.

Имитационное моделирование позволяет решать задачи по выбору стратегических направлений развития предприятий рыбной отрасли, обеспечивающих использование ВБР с учетом требований эколого-экономической сбалансированности.

Литература

1. Дьяков Ю.П., Ширков Э.И., Ширкова Е.Э. Модель многовидового комплекса западно-камчатских камбал (*pleuroectidae*) и ее использование в управлении промыслом // Известия ТИНРО. – 2008. – Т. 152. – С. 37–57.
2. Замятина М.Ф., Дьяков М.Ю. Развитие природно-хозяйственного комплекса муниципального образования на принципах эколого-экономической сбалансированности // Экономика и управление. – 2014. – № 4 (102). – С. 28–38.
3. Иванецев В.В., Михайлов В.В., Тубольцева В.В. Инженерная экология. Вопросы моделирования. – Л.: Наука, 1988. – 115 с.
4. Центр раскрытия корпоративной информации [Электронный ресурс]. – URL: www.e-disclosure.ru (дата обращения: 10.10.2016)
5. Продукция [Электронный ресурс]. – URL: <http://bekerev.ru/produktsiya> (дата обращения: 10.10.2016).
6. Бассейновые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженой и кормовой продукции из рыб Дальнего Востока. – М.: ФАР, ФГУП «ТИНРО-Центр», 2014. – 108 с.
7. Михайлова Е.Г. Ресурсосбережение на инновационной основе в контексте устойчивого развития // Экономика устойчивого развития [Электронный ресурс]. – 2015. – № 1 (21). – С. 121–127. – URL: <http://estdevel.hol.es/> (дата обращения: 10.10.2016)
8. Одним – доходы. Другим – отходы [Электронный ресурс] // Рыбак Камчатки. 08.09.2016. – URL: <http://rybak.kam-krai.ru/264-odnim-dohody-dругim-othody.html> (дата обращения: 10.10.2016)
9. Михайлова Е.Г. Виды эффективности рыбной отрасли // Вестник КамчатГТУ. – 2016. – № 35. – С. 98–109.

Информация об авторе
Information about author

Михайлова Елена Геннадьевна – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории эколого-экономических исследований; rozotop@mail.ru

Mikhaylova Elena Gennadevna – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of Ecological and Economic Research Laboratory; rozotop@mail.ru

Дьяков Максим Юрьевич – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории эколого-экономических исследований, ekftig@mail.ru

Dyakov Maksim Yurevich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher of of Ecological and Economic Research Laboratory, ekftig@mail.ru

УДК 336.774

Г.А. Сахабиева

**О СКОРИНГОВОМ МЕТОДЕ ОЦЕНКИ
КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ КЛИЕНТОВ**

Из-за невозврата кредитов банки сталкиваются с потерей части денежных средств. Для того чтобы эффективно управлять кредитными рисками, нужно иметь возможность измерять их. Одним из перспективных методов оценки кредитного риска является скоринговый метод оценки кредитоспособности клиентов. В статье предлагается использование современных экономико-математических методов для анализа кредитоспособности заемщиков банка и увеличения клиентской базы надежных клиентов.

Ключевые слова: кредит, риск, экономико-математические методы, системы поддержки принятия решений, программная реализация.

G.A. Sakhabieva

**ABOUT THE SCORING METHOD OF ASSESSING THE CUSTOMER
CREDITWORTHINESS**

Banks face loss of funds because of loan defaults. In order to manage credit risks effectively, it is necessary to be able to measure them. One of the promising methods of credit risk assessment is the scoring method for the assessment of customer creditworthiness. The article suggests using the modern economic-mathematical methods to analyze the creditworthiness of borrowers and to increase the client base of reliable customers.

Key words: credit risk, economic-mathematical methods, system of decision support, software implementation.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-109-115

Одной из наиболее актуальных проблем предоставления современных банковских услуг является проблема увеличения клиентской базы надежных заемщиков.

По данным от 12.08.2016 об объемах предоставленных банками кредитов физическим лицам на 1.08.2016, опубликованным ЦБ РФ, просроченная задолженность по кредитам на 1.07.2016 составила 911,5 млрд руб., увеличившись за месяц на 1,6% после снижения на 0,9% в июне. За семь месяцев рост просрочки составил 5,7%. По отношению к общей сумме выданных кредитов просроченная задолженность за месяц выросла на 0,1 процентного пункта – до 8,6%*.

Очевидно, что совершенствование оперативных методов отбора надежных заемщиков позволит исправить ситуацию невозвратов заемных средств, сохранить устойчивое положение банка и снизить риск его ликвидации. Поэтому банки стараются обезопасить себя от потерь при выдаче кредитов, применяя наиболее надежные методы анализа клиентской базы.

Решение о выдаче кредита физическому или юридическому лицу часто решается экспертно специалистами кредитного отдела банка согласно заполненной кредитором анкете, что не лишено элемента субъективизма и фрагментарности. Широкое распространение научных подходов, информационных технологий, совершенствование математического аппарата и его приложений открыло доступ к эффективному решению проблем принятия решений посредством аналитических методов и компьютерных технологий[1–3].

Одним из наиболее надежных методов, который значительно сокращает потерю времени на обработку информации и субъективизм принятия решений, сегодня считается скоринговый метод оценки кредитоспособности клиентов банка [4]. Этот метод, появившийся в 1941 г., постоянно улучшается и модернизируется, в том числе за счет создания различных версий программного обеспечения.

Современный скоринг представляет собой совокупность аналитических форм для оценки кредитоспособности заемщиков банка по определенным критериям путем применения балльно-

* URL: <http://www.finmarket.ru/news>

рейтингового анализа и систем программного обеспечения (ПО). Среди известных западных скоринговых систем отметим: SAS Credit Scoring, EGAR Scoring, Transact SM (Experian-Scorex), K4Loans (KXEN), Clementine (SPSS), BNS, Basegroup Labs.

Тем не менее кредитная проблема банков остается, как и задача развития скоринговых методов, адаптированных с конкретному банку или его филиалу. Объясняется это невозможностью (из-за дороговизны ПО: \$30 000 (KXEN) – \$200 000 (SAS)) или нежеланием затрат.

Из математических методов, применяемых специалистами-аналитиками банков и не требующих дорогостоящего ПО, возможно применение эконометрических методов анализа и прогнозирования: многофакторная регрессия, логистическое и полиномиальное сглаживание, дерево классификации, кластерный анализ и др. [5]. Среди них следует отметить дискриминантный и кластерный анализ как наиболее эффективные для проведения оценки заемщиков банка.

Метод дискриминантного анализа впервые был применен в сфере банковской деятельности в кредитном анализе. Основная идея метода основана на применении имеющихся в банке данных по «надежным» и «ненадежным» заемщикам и привлечении прошлого опыта: определяют, чем отличаются заемщики, вернувшие в срок кредит, от невернувших. Критерии, по которым различают заемщиков, могут быть различными: сумма кредита, зарплата, размер дополнительных доходов и прочие. Полученная информация используется при решении вопроса о кредитовании тестируемых заемщиков. Иначе говоря, целью метода является построение модели, предсказывающей, к какой из групп относятся клиенты, исходя из набора предикторов, основанных на предыдущих измерениях.

Предположим, нужно решить вопрос: стоит ли выдавать кредит каждому из группы клиентов, учитывая их доход (Д), показатель стабильности кредитоспособности (ПСК), гарантию ответственности (ГО) и стаж работы (СР). Выбранные критерии являются наиболее значимыми факторами, влияющими на количество надежных кредитов (вывод сделан на основе проведенного многомерного корреляционно-регрессионного анализа). Исходные данные приведены в табл. 1–3.

Алгоритм проведения дискриминантного анализа

1. Сформировать детерминированные выборки объема n_1 и n_2 (в данном случае $n_1 = 3$, $n_2 = 3$) (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Первая группа клиентов

Высокий уровень				
	Д	ПСК	ГО	СР
1	45000	0,5	0,8	6
2	50000	0,6	0,95	8
3	60000	0,7	1	10

Таблица 2

Вторая группа клиентов

Низкий уровень				
	Д	ПСК	ГО	СР
1	15000	0,2	0,2	2
2	25000	0,3	0,4	3
3	30000	0,4	0,6	4

Сформировать тестируемую выборку (табл. 3).

Таблица 3

Третья группа клиентов

Подлежит дискриминации				
	Д	ПСК	ГО	СР
1	10000	0,2	0,1	1
2	11000	0,3	0,2	0
3	55000	0,65	0,95	9

2. Вычислить векторы средних значений для каждой из детерминированных выборок (табл. 4 и 5).

Таблица 4

Среднее значение в выборке с низким уровнем

x_{cp}	23333,33	0,3	0,4	3
----------	----------	-----	-----	---

Таблица 5

Среднее значение в выборке с высоким уровнем

x_{cp}	51666,6667	0,6	0,916667	8
----------	------------	-----	----------	---

3. Найти разность векторов средних значений.

4. Построить матрицы ковариации для каждой из детерминированных выборок (табл. 6 и 7).

Таблица 6

Матрица ковариации для выборки высокого уровня

388888,9	500	472,22222	15000
500	0,00667	0,006667	0,133333
472,22222	0,006667	0,007222	0,133333
15000	0,133333	0,133333	2,666667

Таблица 7

Матрица ковариации для выборки низкого уровня

38888889	500	1000	5000
500	0,006667	0,013333	0,066667
1000	0,013333	0,026667	0,133333
5000	0,066667	0,133333	0,666667

5. Получить несмещенную оценку обобщенной матрицы ковариации.

6. Найти обратную матрицу несмещенной оценки.

7. Вычислить вектор коэффициентов дискриминантной функции A .

Выполняя далее этапы 6–8 алгоритма, находим:

$$A = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,0336 \\ -10080 \\ 2520 \\ 258 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

значение дискриминантной функции для выборки высокого уровня:

$$\bar{F}_1 = X_1 A \Rightarrow \begin{pmatrix} \bar{F}_1 & 36 & 90 & 60 \end{pmatrix} \Rightarrow F_{1cp} = 62,$$

значение дискриминантной функции для выборки низкого уровня:

$$\bar{F}_2 = X_2 A \Rightarrow \begin{pmatrix} \bar{F}_2 & -492 & -402 & -480 \end{pmatrix} \Rightarrow F_{2cp} = -458,$$

константу дискриминации:

$$C = \frac{\bar{F}_1 + \bar{F}_2}{2} = -198. \quad (2)$$

Вектор дискриминации тестируемой выборки:

Номер клиента	$\bar{F}$
1	-1170
2	-1117166
3	12

Сравнивая значение константы дискриминации и компоненты вектора дискриминации, можно сделать вывод: выдать кредит следует клиенту под номером три. Выдача кредита клиентам под номером один и два нежелательна.

Ту же задачу решим посредством кластерного анализа. Исследуется совокупность $n = 8$ объектов, каждый из которых характеризуется четырьмя признаками: доход ($x_i^{(1)}$), показатель стабильности кредитоспособности клиента ($x_i^{(2)}$), гарантия ответственности ($x_i^{(3)}$), стаж работы ($x_i^{(4)}$). Требуется разбить эту совокупность на однородные группы (классы) по уровню их кредитоспособности.

Исходные данные приведены в табл. 8.

Таблица 8

Исходные данные

	1	2	3	4	5	6	7	8
$x_i^{(1)}$	10000	15000	25000	30000	45000	50000	60000	11000
$x_i^{(2)}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,3
$x_i^{(3)}$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,95	1	0,2
$x_i^{(4)}$	1	2	3	4	6	8	10	0

Классификация проведена по иерархическому агломеративному алгоритму, с использованием обычного евклидова расстояния:

$$p_E(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^k (x_{il} - x_{jl})^2}, \quad (3)$$

а также принципов «ближайшего соседа»:

$$p_{\min}(S_l, S_m) = \min_{x_i \in S_l, x_j \in S_m} (x_i, x_j) \quad (4)$$

и «средней связи»:

$$p_{cp.}(S_l, S_m) = \frac{1}{n_l n_m} \left(\sum_{x_i \in S_l} \sum_{x_j \in S_m} p(x_i, x_j) \right). \quad (5)$$

Сравнивая результаты двух разбиений восьми клиентов на однородные группы, можно отметить, что наиболее предпочтительным и устойчивым является разбиение на два кластера $S_{(1,2,3,4,8)}$ и $S_{(5,6,7)}$. На рис. 1 результаты кластерного анализа представлены в виде дендрограммы.

Существует множество способов разбиения заданной совокупности элементов на классы. Для сравнительного анализа качества этих способов разбиения вычисляется функционал качества $Q(S)$, определенный на множестве всех возможных разбиений. Под наилучшим понимают разбиение, при котором достигается минимум выбранного функционала качества.

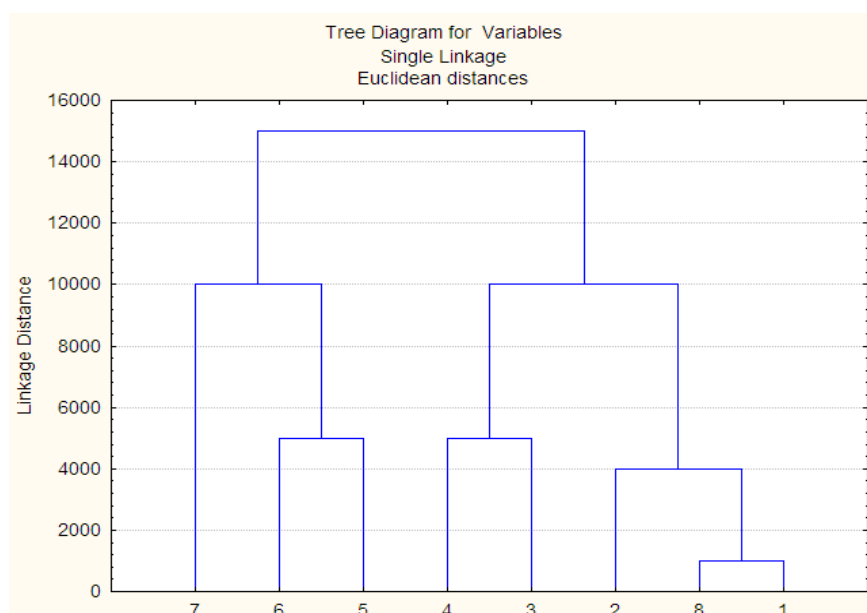


Рис. 1. Дендрограмма

Выбрав функционал качества в виде суммы внутриклассовых дисперсий

$$Q_1(S) = \sum_{l=1}^p \sum_{x_i \in S_l} p^2(x_i, x_j), \quad (6)$$

получим

Количество кластеров	Значение функционала качества разбиения
2	22,17
3	25,28
4	25,78
5	27
6	27,36
7	27,59

Анализ значений функционала качества разбиения показывает, что разбиение на два кластера является наиболее оптимальным, что согласуется с проведенными расчетами.

Задачи, приведенные в работе, выполнены для анализа кредитоспособности клиентов в одном из подразделений коммерческого банка. Аналитически их выполнение не требует много усилий персонала, но, тем не менее, процесс обработки данных становится более оперативным при применении программного обеспечения, предназначенного для скорингового анализа. В отделениях многих банков современные методы обработки информации, в том числе скоринговые программы и другие IT-методы, используются неэффективно, а часто просто отсутствуют по разным причинам (нет IT-специалистов, экономия средств и т. д.).

Коммерческому банку была представлена одна из программ такого рода, заменяющая рутинную обработку информации. Программа повышает оперативность обработки информации по вновь заявленным заемщикам банков, ранжирует клиентов по степени их кредитоспособности.

Программа работает в среде Delphi и представляет собой последовательность операторов, выполняющих некоторое действие над данными, объявленными в секции описания данных.

Программа выполняет все необходимые расчеты и строит дендрограмму после заполнения формы «Новый заемщик» (рис. 2 и 3).

Рис. 2. Форма «Новый заемщик»

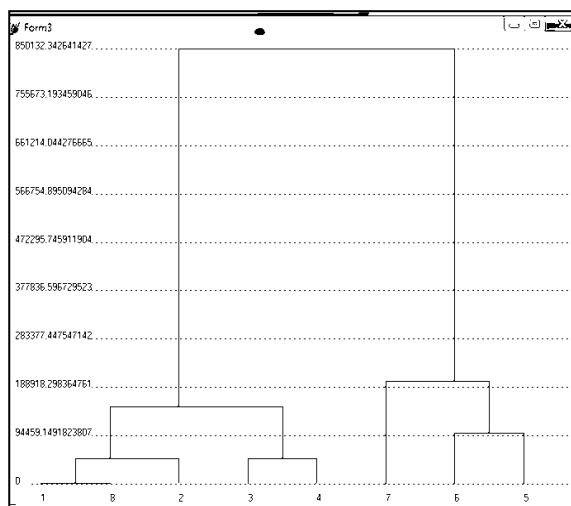


Рис. 3. Дендрограмма

На рис. 4 представлены результаты расчетов и рекомендации по одобрению выдачи кредита.

№	ФИО	Пол	Семейное полож	Доход	Стаж работы	Сумма кредита	Гражданство	Кредитная истор	Одобрено
1	Иванов.И.И.	мужской	не в браке	10000	1	100000	гражданин РФ	отрицательная	1
2	Петрова И.И.	женский	не в браке	15000	2	150000	гражданин РФ	отрицательная	1
3	Сидорова И.И.	женский	в браке	25000	3	300000	гражданин РФ	положительная	1
4	Краснов И.И.	мужской	в браке	30000	4	350000	гражданин РФ	положительная	1
5	Ильина И.И.	женский	в браке	45000	6	1200000	гражданин РФ	положительная	2
6	Федоров И.И.	мужской	в браке	50000	8	1300000	гражданин РФ	положительная	2
7	Васильев И.И.	мужской	в браке	60000	10	1500000	гражданин РФ	положительная	2
8	Федотова И.И.	женский	в браке	11000	0	100000	гражданин РФ	положительная	1

Рис. 4. Форма программы

Очевидно, как и в примере, решенном в Excel, заемщики разбиты на те же два кластера.

Таким образом, скоринговый метод оценивания кредитоспособности заемщиков банка – это динамическая форма, постоянно развивающаяся и совершенствующаяся. Она не обязательно должна быть дорогостоящей, главное требование – минимальная погрешность в оценивании и максимальная объективность. Применение современных методов способствует продвижению банковских услуг на рынок с минимальным риском потерь.

Литература

1. Мейз Э. Руководство по кредитному скорингу. – Минск: Гревцов Паблишер, 2008. – 464 с.
2. Земцов А.А., Осипова Т.Ю. Кредитный скоринг. Косвенный метод оценки богатства домашних хозяйств // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – № 2 (3). – С. 17–38.
3. Рудаков Д.В., Чернявский Д.И. Моделирование и реинжиниринг бизнес-процессов. – Омск: ОмГТУ, 2010. – 84 с.

4. *Бабина Н. В.* Скоринг как метод оценки кредитного риска потребительского кредитования // Финансы и кредит. – 2007. – № 3. – С. 30–36.

5. *Васйичева В.А., Сахабиева Г.А., Сахабиев В.А.* Совершенствование управления организацией // Вестник Самарского муниципального института управления. – Самара: САГМУ, 2012. – 188 с.

Информация об авторе
Information about author

Сахабиева Галина Александровна – Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева; 443086, Россия, Самара; кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры математики и бизнес-информатики; galinasakh@mail.ru

Sakhabieva Galina Aleksandrovna – Samara National Research University; 443086, Russia, Samara; Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Mathematics and Business Informatics Chair; galinasakh@mail.ru

УДК 323.2:930

А.О. Шуликов**ЭКОНОМИКО-ПОЛИТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ
НА ПРОЦЕСС КОНСОЛИДАЦИИ ВЛАСТНЫХ ЭЛИТ
В НОВЕЙШЕЙ ИСТОРИИ РОССИИ**

В статье приведена характеристика основных социально-экономических и политических факторов, которые способствовали фрагментации и консолидации российских экономической и политической элит, проведен анализ этапов и представлена характеристика этих процессов, указаны условия, в которых протекали данные процессы, и сформулированы предположения по их дальнейшему развитию.

Ключевые слова: элита, федеральный центр, президент РФ, политическая деятельность, политический актор, политическая консолидация, фрагментация, финансово-экономические активы.

A.O. Shulikov**ECONOMIC AND POLITICAL FACTORS INFLUENCING
ON THE CONSOLIDATION OF POWER ELITES IN RUSSIA'S MODERN HISTORY**

The article describes the characteristics of the main socio-economic and political factors that have contributed to the fragmentation and consolidation of Russian economic and political elite. The analysis of the stages and the characteristics and the conditions of these processes are provided. Suggestions for their further development are formulated

Key words: elite, the federal center, President of the Russian Federation, political activities, political actor, political consolidation, fragmentation, financial and economic assets.

DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-116-125

Российская экономическая и политическая элита в конце 1991 г. оказалась в крайней степени фрагментирована. Неконтролируемый процесс распада государства и основной политической силы – КПСС в итоге привел к дифференциации партийной системы, на базе которой не могли появиться новые влиятельные экономические или политические игроки. В публичном поле процесс фрагментации политических и экономических элит получил свое воплощение в высокой степени фрагментации политических партий и кандидатов, а за пределами электро-ального поля – в борьбе различных политических и экономических кланов и группировок за влияние на процесс принятия решений в сфере внутренней политики и использования бюджетных средств.

Данный процесс был усугублен жесточайшим финансово-экономическим кризисом, который разразился в РФ в начале 90-х гг. Объем ВВП с 1992 г. резко сократился и к президентским выборам 1996 г. составил 63% от объема 1991 г. Это сопровождалось существенным спадом промышленного производства, высокими темпами инфляции, что не могло не привести к дефициту федерального, региональных и местных бюджетов, росту безработицы, сокращению реальных располагаемых денежных доходов населения и, как следствие, к росту социальной напряженности в обществе. Основные макроэкономические показатели за анализируемый период отражены в табл. 1.

Таблица 1

**Основные макроэкономические показатели России (1991–1999 гг.)
в индексах (в % к показателям 1991 г.)**

Год	Индекс физическо-го объема ВВП	Индекс объема промышленной продукции	Индекс потребительских цен г/г (декабрь к декабрю)	Размер среднемесячной номинальной заработной платы, руб. 1993–1997 гг. – тыс. руб.	Динамика среднемесячной заработной платы с учетом ИПЦ	Уровень безработицы, в процентах от общей численности экономически активного населения	Индексы объема инвестиции в основной капитал
1991	100	100	100	548	100	...	100
1992	85,5	84	2608,8	5995	67	5,2	60
1993	78,1	72	939,9	58,7	68	5,9	53
1994	68,1	57	315,1	220,4	62	8,1	40
1995	65,4	54	231,3	472,4	45	9,4	36
1996	63	50	121,8	790,2	51	9,7	30
1997	63,9	51	111,0	950,2	53	11,8	28
1998	60,5	48	184,4	1051,5	46	13,3	25
1999	64,4	52	136,5	1522,6	36	12,6	26

Источник: [1].

Проходящие социально-экономические процессы не могли не сказаться на усилении конкуренции и обострении конфликтов среди различных представителей властной элиты, борьбе за контроль над ограниченными и постоянно сокращающимися финансово-экономическими ресурсами, о чем свидетельствует постоянное сокращение инвестиций в основной капитал. Данный факт косвенно свидетельствует об увеличении доли личного потребления, и в первую очередь со стороны представителей властной элиты. Это в свою очередь обостряло процесс фрагментации элит и порождало неуверенность в собственном будущем среди представителей политической и экономической элиты. На это в том числе указывает шестикратный рост оттока (бегство) капитала из РФ в преддверии президентских выборов в 1996 г. (табл. 2).

Таблица 2

Динамика и баланс оттока капитала из экономики России (млрд долл.)

Годы	Всего	Банками	В том числе прочими секторами
1994	–14,4	–2,0	–12,4
1995	–3,9	6,8	–10,7
1996	–23,8	1,3	–25,1
1997	–18,2	7,6	–25,8
1998	–21,7	–6,0	–15,7
1999	–20,8	–4,3	–16,5
2000	–24,8	–2,0	–22,8
2001	–15,0	1,3	–16,3
2002	–8,1	2,5	–10,6
2003	–1,9	10,3	–12,2
2004	–8,9	3,5	–12,4
2005	–0,3	5,9	–6,2
2006	43,7	27,5	16,2
2007	87,8	45,8	42,0
2008	–133,6	–55,2	–78,4

Источник: [2].

Но, как продемонстрировали дальнейшие события, риск серьезных политических или финансовых потерь для экономических и политических акторов оказался невысок. Получение до-

минирующего положения любым из участников экономического или политического процесса в таких социально-экономических и политических условиях было фактически невозможно, а если и возникали реальные угрозы сложившемуся положению, то политические и экономические элиты, по мнению петербургского политолога В. Гельмана, оперативно и адекватно реагировали на эти угрозы, создавая временные союзы, построенные по принципу своего рода негативного консенсуса [3].

Социально-экономическое и политическое развитие РФ уже после завершения первого электорального цикла наглядным образом продемонстрировало оппортунизм элит. В 1996 г. были объявлены итоги выборов главы государства, и, как только завершился процесс распределения сфер влияния в виде назначений на ключевые должности в органах государственной власти на федеральном уровне, элитные группы тут же вступили в борьбу за их пересмотр, которая сопровождалась конфликтами за пределами электоральной политики и недобросовестной конкуренцией за контроль над экономическими активами.

Историю второго правительства В. Черномырдина (с августа 1996 г. по март 1998 г.) принято делить на две части: до и после марта 1997 г. Первый его состав представлял собой коалицию соратников премьер-министра по политическому движению НДР, помогавших в переизбрании Б. Ельцина олигархами в лице представителя ОНЭКСИМ-банка В. Потанина, промышленных лоббистов в лице А. Большакова и О. Лобова, части левых в лице А. Тулеева, команды президентской администрации в лице В. Илюшина и А. Лившица. По мнению ряда источников (см., например, О. Греченевский «Истоки нашего демократического режима»), это был временный союз между представителями «московской» и «питерской» элиты. Но уже весной 1997 г. был заключен другой союз между московским и семейным кланом, чтобы им совместно бороться с питерским кланом, в результате которого произошел переход А. Чубайса с должности руководителя администрации президента РФ на должность первого вице-премьера и полное обновление всего правительства: из одиннадцати вице-премьеров остался один В. Серов, вице-премьер по СНГ. Было назначено семь новых вице-премьеров.

Этот конфликт между представителями различных элитных групп развивался с переменным успехом, так как ни одной из них не удавалось получить явного доминирования над другими. Неопределенность социально-экономической и политической ситуации продолжала оставаться высокой, поэтому не произошло существенного снижения оттока капитала из РФ (см. табл. 2). Но эта ситуация не привела к появлению угроз выживания элит, так как не переходила в полномасштабную «войну всех против всех». Кроме того, помехи консолидации элит обуславливались и другими предпосылками. Характер правления Б. Ельцина после 1996 г. не предоставлял ему возможности эффективно исполнять роль доминирующего игрока [3].

Ситуация в экономическом и политическом плане в период второго президентства Б. Ельцина ухудшалась до 1999 г., а политические и экономические элиты оказались не способны сформировать эффективную систему взаимного обмена различного рода ресурсами (финансовыми, информационными, политическими) из-за отсутствия поддержки со стороны населения (что подрывало репутацию как государства, так и правящей элиты) и в силу ограниченного административно-управленческого влияния государства, что препятствовало соблюдению экономическими и политическими элитами «правил игры».

В конечном счете высокая фрагментация элит привела к тому, что ни у одной политической или экономической силы не появились возможности обеспечивать блокаду односторонних действий оппонентов. До определенного момента своеобразный «отрицательный эквилибриум» поддерживался по умолчанию вследствие сложившейся расстановки сил. Данное негласное соглашение было разрушено в 1998 г., когда произошел конфликт между двумя финансово-экономическими группами и поддерживающими их политическими кланами, который быстро вышел в публичное пространство.

Изначально причиной конфликта стали итоги приватизации части государственного пакета акций «Связьинвеста». Летом 1997 г. четверть акций (25%+1) приобрел на аукционе за \$1.875 млрд кипрский консорциум Mustcom, состоящий из капиталов ОНЭКСИМ-банка, Дойчебанка и оффшоров фонда Quantum (Джордж Сорос). Вторым участником конкурса был голландский концерн «ТелеФАМ» (при участии Альфа-банка, группы «Мост» и Б. Березовского), предложивший \$1,7 млрд. Итоги приватизации «Связьинвеста» стали одним из поводов к «банковской войне», разразившейся осенью 1997 г.

По утверждениям СМИ, существовала предварительная договоренность в период выборов президента, согласно которой «Связьинвест» должен был достаться банковским группам Б. Березовского и В. Гусинского; ими была проведена активная работа по консолидации всех предприятий связи России, которые представляли какую-то ценность, в единый холдинг (за два месяца до аукциона). Но в результате существенных сложностей при исполнении бюджета в 1998 г. из-за резко сократившихся доходов бюджета (см. рис. 1) правительством, вероятнее всего, было принято решение продавать блок-пакет «Связьинвеста» не по договорной цене, а по цене ближе к рыночной. Поэтому, когда победителем стал холдинг под руководством В. Потанина, подконтрольные группе «Мост» СМИ стали атаковать вице-преьера А. Чубайса и членов его команды, которые, по их мнению, лоббировали интересы В. Потанина в процессе приватизации данного актива.

Развязанная «информационная война» в дальнейшем спровоцировала панику на российских фондовых рынках, что в итоге вызвало дефолт РФ в августе 1998 г. Существенные финансовые, репутационные и политические потери всех без исключения участников конфликта привели к тому, что по их взаимному согласию и при отсутствии других компромиссных решений проблем коллективного взаимодействия произошел переход к консолидации, но не вследствие формального соглашения экономических и политических элит о принципах этого взаимодействия и добросовестной конкуренции, а в результате негласного отказа элитных групп от практики конкуренции, в том случае если это могло привести к утрате властных полномочий или других финансово-экономических ресурсов.

Таким образом, появился механизм, который привел к передаче участниками политического и экономического процесса части своих финансово-политических ресурсов в управление доминирующему актору, у которого оказалось достаточно властных полномочий, чтобы остальные участники признали в нем лидера и действовали по его правилам в обмен на гарантии сохранения статус-кво, то есть «навязанный консенсус» [3].

На уровне государственного управления реализация этой стратегии нашла свое воплощение в очередной попытке создания «партий власти». Вне электорального поля это было достигнуто с помощью исключения из экономического или политического сообщества реальных или потенциальных конкурентов и в монополизации контроля над природными, финансовыми или политическими ресурсами, включая процесс принятия решений на уровне государственного или регионального управления.

Определенный успех партии «Единство» (прообраз «Единой России») на выборах в Государственную думу в 1999 г. подтвердил правильность этой стратегии.

«Навязанный консенсус» экономических и политических элит обуславливался аналогичными институциональными мотивами, которые ранее мешали консолидации. Поэтому достигнутый консенсус российских экономической и политической элит стал своеобразным «картельным соглашением», в пределах которого ограничивалась конкуренция, сформировались барьеры на пути соперников к власти, а внутри властных групп были перераспределены финансово-экономические выгоды, доступ к которым обеспечивался политической властью [3].

Но в российской политической практике «навязанный консенсус» оказался неполным и ограниченным: с одной стороны, он обеспечил относительно эффективную реализацию политического курса, но, с другой стороны, его возможностей оказалось недостаточно для проведения институциональных изменений, которые бы предоставили возможность элиминировать автономию политических и экономических акторов.

Поэтому задачу реальной консолидации политических и экономических элит в российском обществе в России пришлось решать новому президенту В. Путину.

Перед непосредственным процессом консолидации экономических и политических элит были реализованы мероприятия, направленные в первую очередь на консолидацию власти в виде политического проекта по институционализации вертикально интегрированных властно-политических связей, сформированных по иерархическому принципу, с помощью которого были четко определены пределы деятельности ведущих политических и экономических акторов. Определенные успехи проведенной консолидации власти под руководством В. Путина во многом были также обусловлены социально-экономическими факторами.

Во-первых, это девальвация национальной валюты в 1998 г. (более чем в три раза), что в совокупности с наличием незадействованных производственных мощностей и свободными трудовыми ресурсами смогло обеспечить существенный рост ВВП и промышленного производства уже в первые годы после девальвации (табл. 3).

Таблица 3

**Основные макроэкономические показатели России (2000–2008 гг.)
в индексах (в % к показателям 1991 г.)**

Год	Индекс физического объема ВВП	Индекс объема промышленной продукции	Индекс потребительских цен г/г (декабрь к декабрю)	Размер средне-месячной номинальной заработной платы, руб.	Динамика среднемесячной заработной платы с учетом ИПЦ	Уровень безработицы, в процентах от общей численности экономически активного населения	Индексы объема инвестиций в основной капитал
1991	100	100	100	548	100	...	100
1999	64,4	52	136,5	1522,6	36	12,6	26
2000	70,8	57	120,2	2223,4	43	9,8	31
2001	74,4	59	118,6	3240,4	52	8,8	34
2002	77,9	60	115,1	4360,3	61	8,5	35
2003	83,6	66	112,0	5498,5	67	7,8	39
2004	89,6	71	111,7	6739,5	74	7,9	44
2005	95,4	74	110,9	8554,9	84	7,6	48
2006	102,8	77	110	10634	95	6,9	56,2
2007	111,1	81,6	109	13593	111	6,1	68
2008	117,3	83,2	114	17112	122	6,4	74,1

Источник: [1].

Во-вторых, это существенный рост мировых цен на традиционные товары российского экспорта, в первую очередь на нефть. Так, если с 1990 по 1999 гг. среднегодовая цена нефти марки Brent составляла \$18,3 за баррель, то в период 2000 по 2008 гг. она уже составляла \$48,34 (рис. 1).

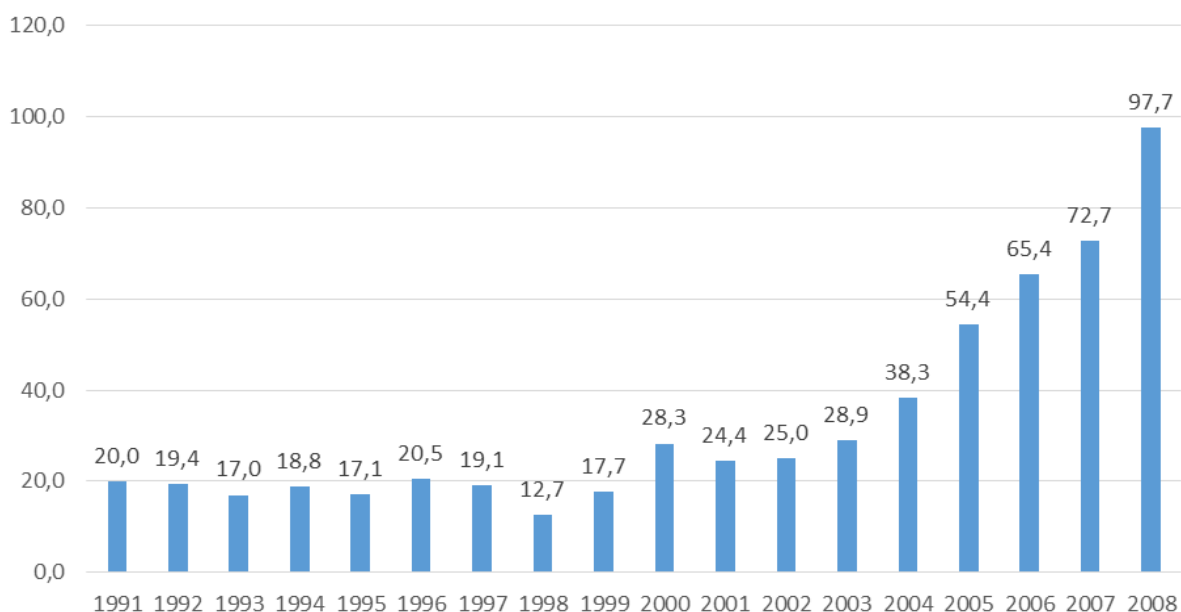


Рис. 1. Среднегодовые цены на нефть марки Brent (1991–2008 гг.),
в долларах США [4]

Это не могло не сказаться на доходах государства и его возможностях решения наиболее острых социальных проблем (рис. 2).

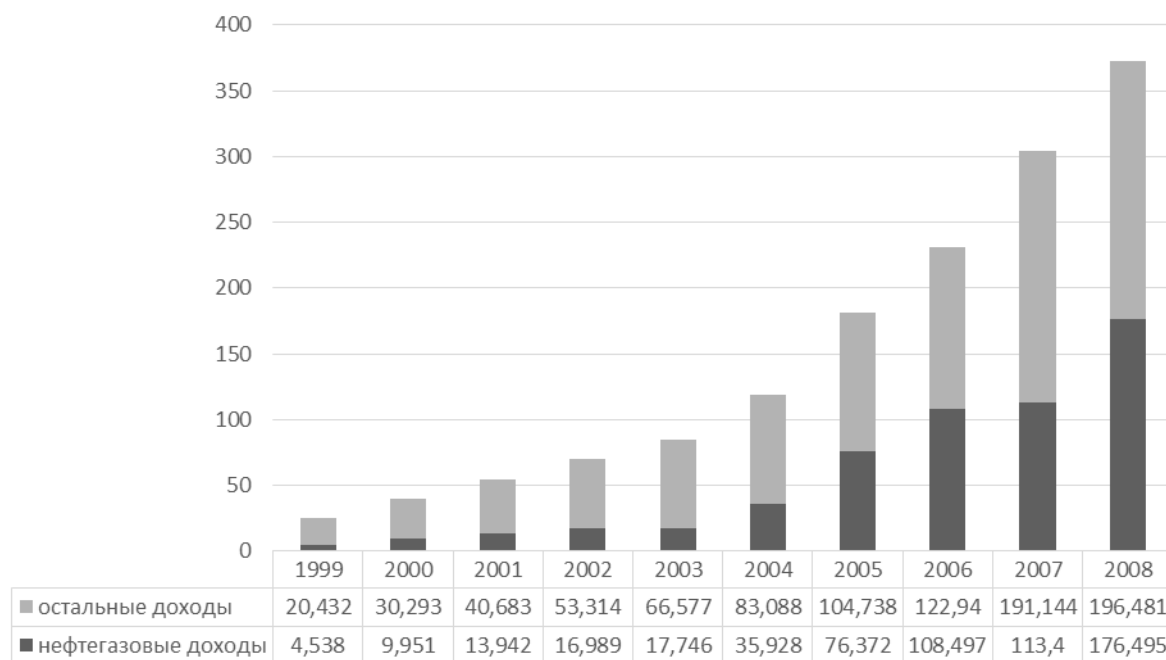


Рис. 2. Нефтегазовые доходы в структуре федерального бюджета РФ, в млрд долл. США (в пересчете на доллары США по среднегодовому курсу ЦБ РФ за соответствующий год) [5]

Поэтому консолидация власти, при которой наиболее существенные мероприятия по построению «вертикали власти» были завершены в 2004 г., не могла не получить поддержки со стороны населения и при отсутствии какой-либо значимой фронды со стороны экономической и политической элит.

Консолидация российской власти привела к решению наиболее важных задач.

Во-первых, она обратила вспять процесс «приватизации государства» со стороны крупного капитала, которая произошла в годы президентства Б. Ельцина.

Во-вторых, она позволила восстановить управляемость страной, так как в 90-е годы взаимодействие центра и регионов носило характер перманентного торга за финансовые, экономические и политические ресурсы, которые проводились по постоянно изменяющимся правилам, что в итоге могло привести к дестабилизации государственной системы управления и распаду Российского государства по сценарию СССР.

В-третьих, процесс консолидации предоставил возможность сформировать социальное пространство для появления политических и правовых институтов по тем направлениям, в которых были заинтересованы все участники политического процесса, по правилам, которые были им понятны и востребованы властной доминирующей группой.

С помощью консолидации политической и экономической элиты государственная власть ускорила институциональное строительство «сверху» до появления необходимых социально-экономических предпосылок.

Процесс консолидации политической и экономической элит в 2000 гг. имел следующие особенности.

Во-первых, он сопровождался существенным перераспределением властных полномочий в пользу центральной бюрократии.

Во-вторых, результатом элитной консолидации стало восстановление единого «элитного пространства», что было обеспечено с помощью «переназначения» слабо контролируемой и, соответственно, плохо управляемой и, как следствие, потенциально опасной политической группы – региональных элит. В результате, по мнению В. Мохова, «центральной бюрократии удалось перевести оппозиционность и автономию этих групп в латентное состояние [6].

Консолидация государственной власти в России в 2000-е гг. как по горизонтали, так и по вертикали способствовала разъединению региональных элит и населения. С помощью различных социально-экономических и административных мер федеральный центр полностью подчинил их себе, что привело к потере региональными элитами поддержки со стороны населения в потенциально возможном противостоянии регионов и центральной бюрократии. Одним из наиболее существенных механизмов этого подчинения стала реформа межбюджетных отношений, в результате которой региональным элитам были сокращены финансовые возможности в области перераспределения бюджетных ресурсов (табл. 4).

Таблица 4

Распределение доходов консолидированного бюджета Российской Федерации по уровням бюджетной системы в 1995–2008 гг. (в % к консолидированному бюджету)¹

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Федеральный бюджет													
Доходы	49,1	46,6	44,2	44,1	48,2	51,5	54,7	57,4	57,3	58,8	63,1	58,6	61,7	59,9
	Консолидированный бюджет субъектов Федерации													
Доходы	50,9	53,4	55,8	55,9	51,8	48,5	45,3	42,6	42,7	41,2	36,9	41,4	38,3	40,1

Источник: [5].

Если в 90-е гг. (в период президентства Б. Ельцина) доля субъектов Федерации в консолидированном бюджете составляла свыше 50%, то уже в период первых двух сроков В. Путина она составляла чуть больше 40%. При этом необходимо отметить, что тенденция незначительного увеличения доли консолидированных бюджетов субъектов Федерации проявилась после процесса построения «вертикали власти», в результате чего произошла модернизация региональных элит, и их экономическая и финансовая деятельность в той или иной степени стала контролироваться со стороны федерального центра.

В итоге на смену социально-экономическому и политическому хаосу 1990-х годов пришел управляемый процесс формирования крупных капиталов под жестким контролем центральной власти.

После завершения политической реформы произошло упрочение центральной политической и экономической элиты по двум направлениям.

Во-первых, центральная элита укрепилась за счет перераспределения административного ресурса в ее пользу и подчинения региональной элиты. Как считает О. Гаман-Голутвина, проявление этого процесса выражается в образовании интегрированных групп интересов и групп давления, включающих в себя представителей как федерального, так и регионального уровня [7].

Во-вторых, как утверждает В.П. Мохов, региональные элиты лишились прежней легальной политической роли, они перестали выступать в качестве буферной зоны между федеральным центром и населением. В силу этого процесса политический и экономический статус региональных элит резко снизился, что также привело к смене статусов исполнительной и представительной ветвей власти. Региональные элиты стали элементами административной системы, управляемыми из федерального центра [6].

Резко сократились и властные полномочия региональных элит – произошло существенное уменьшение их возможностей влиять на выбор направлений развития государственного политического и экономического курса, а властные полномочия приобрели другие формы.

В результате реализации политических и экономических реформ в 2000-х гг. произошла трансформация от фрагментированных региональных элит к региональным элитам, построенным по жестким и строго соблюдаемым со стороны всех объектов и субъектов государственного управления принципам.

Еще одним способом консолидации элиты, который активно использовался при реализации реформы, стал пересмотр критериев отбора претендентов в ее состав. Вместо относительно конкурентных и не менее относительных демократических механизмов отбора, основанных на учете мнений населения, были использованы новые признаки отбора, основанные на номенклатурных практиках селектората, которые формулировались центральной властью и носили не рекоменда-

¹ Без учета доходов государственных и территориальных внебюджетных фондов.

тельный, а политико-административный характер при явном доминировании неформальных отношений между представителями центральной и региональной элиты.

Но сам процесс функционирования региональных политических элит изменился не столь значительно. На территориях продолжала действовать собственная вертикаль власти, существование которой продлил действовавший с 2005 по 2014 гг. механизм назначения глав регионов, который укрепил роль непубличной политики во взаимоотношениях федерального центра и региональных элит.

Таким образом, политические реформы 2000-х годов привели к существенному пересмотру места и роли региональных элит в российском обществе. Эти изменения стали результатом сложных экономических, политических и социальных процессов, связанных с новым этапом развития государства.

Однако, уже начиная с 2010 г., появились первые признаки того, что потенциал политических реформ себя исчерпал. Внутри российских политических и экономических элит возникли конфликты, связанные с недостаточными возможностями для дальнейшего их развития, которые предлагает созданная конфигурация внутриэлитных отношений. Консолидация российских политических и экономических элит, достигнув исторической цели в виде сохранения дееспособного государства, трансформировалась в фактор, мешающий дальнейшему модернизационному развитию РФ.

Мировой финансово-экономический кризис 2008 г. не прошел стороной от РФ, но носил кратковременный характер, поэтому не имел существенных негативных последствий для устойчивости политической системы и не спровоцировал роста конфликтов между представителями различных элитных групп.

Но, начиная с 2012 г., в мировой экономике и экономике РФ стали проявляться негативные экономико-политические факторы, которые имели разные причины, но совпадали во времени.

К этим факторам, в первую очередь, можно отнести переизбыток производства в мире углеводородов, в первую очередь нефти, что не могло не сказаться на их цене (рис. 3).

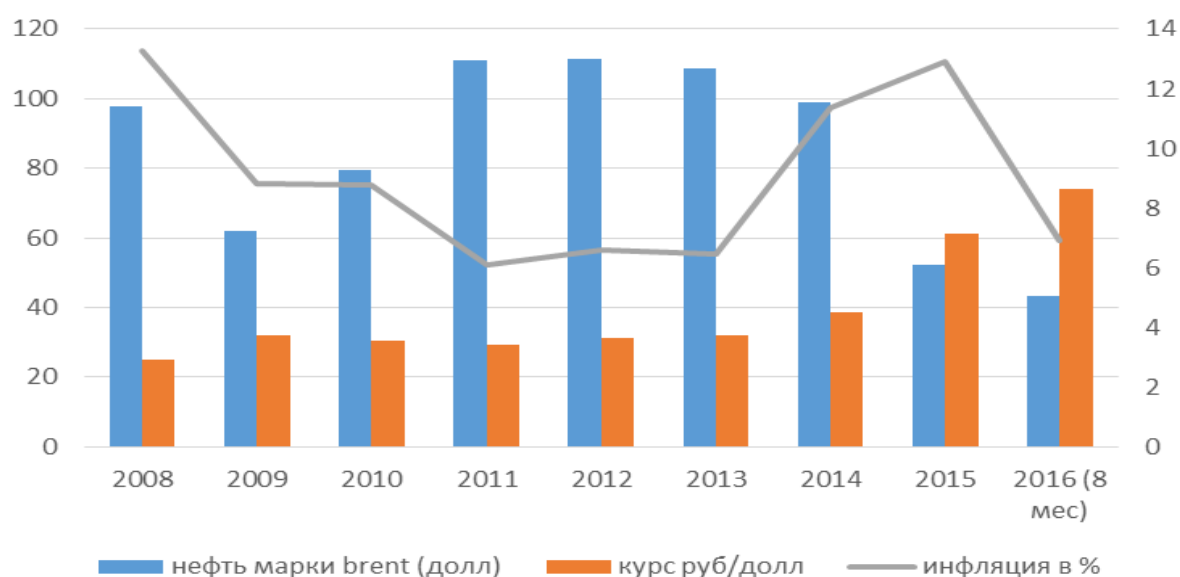


Рис. 3. Среднегодовые цены на нефть марки Brent, курс российского рубля и среднегодовые темпы инфляции (2008–2016 гг.) [4]

Существенное снижение цен на нефть с 2014 по 2016 гг. (самая низкая цена на нефть марки Brent \$27,1 была зафиксирована 20.01.2016 г.) оказалось наиболее шоковым фактором для российской экономики: резко сократились нефтегазовые доходы федерального бюджета и вызвали его дефицит, что существенно сократило финансовые возможности федерального центра при решении социально-экономических проблем; существенное уменьшение валютной выручки привело к девальвации национальной валюты (более чем на 100%) (рис. 3); девальвация, выступила основным драйвером инфляционных процессов в России (рис. 3).

Вторым фактором является сложившаяся к 2012 г. структура российской экономики, в которой долгое время основными импульсами роста выступали девальвация национальной валюты, рост расходов консолидированного бюджета РФ и рост мировых цен на продукцию добывающих отраслей. Как только эти импульсы себя исчерпали, рост ВВП стал замедляться и перешел в отрицательную плоскость (рис. 4).

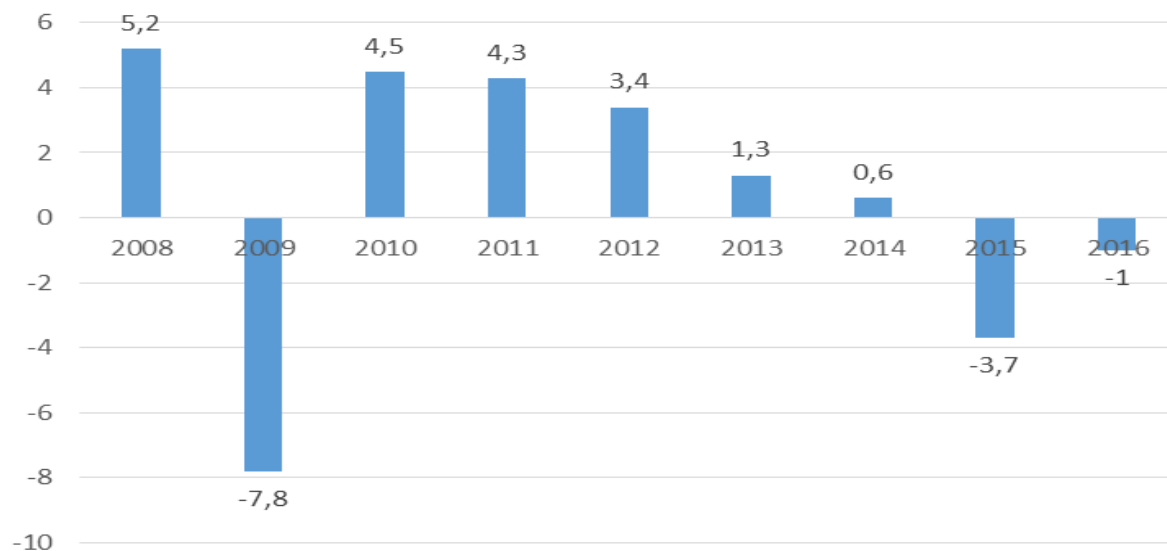


Рис. 4. Прирост ВВП РФ, % к предыдущему году² [8]

Третьим фактором, который усугубил вышеперечисленные негативные тенденции, стала геополитическая конфронтация РФ с США и странами Евросоюза, которая выразилась во взаимных политико-экономических санкциях.

Эти санкции также оказали негативное влияние на социально-экономическое положение РФ.

На этом негативном экономическом фоне произошло обострение как социальных проблем российского общества, так и нарастание конфликтов во взаимоотношениях между различными элитными группами, что позволяет говорить о начале очередной стадии фрагментации экономических и политических элит.

Но эти конфликты проходят по другому сценарию, чем в 90-е гг. Это обусловлено тем, что, во-первых, у политических и экономических акторов в распоряжении значительно меньше экономических и политических возможностей для влияния на ситуацию и воздействия на конкурентов, чем было в 90-е годы; во-вторых, характер политического устройства государства и характер правления В. Путина существенным образом отличаются от аналогичных характеристик периода Б.Ельцина.

Поэтому в первую очередь наметился рост внутриэлитных конфликтов, который обусловил увеличение числа коррупционных дел в отношении представителей как экономической, так и политической элиты. В отличие от предыдущих лет, когда этот механизм в основном использовался на экономическом пространстве и фигурантами уголовных дел в основном выступали главы местных администраций, предприниматели и чиновники среднего звена, в этот раз он перешел на политическое пространство, и обострившиеся конфликты привели к тому, что в поле зрения «борцов с коррупцией» стали попадать высшие должностные лица государства: действующие главы регионов, первые лица правоохранительных и силовых органов (Следственного комитета, МВД, ФТС и др.), высшие должностные лица федеральных министерств и ведомств, депутаты ГД РФ и члены СФ РФ.

Вероятнее всего, данная тенденция не продлится долго, но не в силу того, что сформируется очередной консенсус и представители российских элит смогут договориться. Скорее всего, как только эти конфликты станут регулярно выходить на публичное поле и их количество превысит разумные пределы, центральной элите в лице главы государства в очередной раз придется вмешаться в ход этих конфликтов, чтобы создать «видимость» консолидации элит в глазах российского общества.

² 2016 год. Оценка МВФ (август 2016 г.) [4].

Как наглядно продемонстрировали социологические исследования М. Афанасьева, российские политические и экономические элиты поддерживают тезис Д. Медведева о том, что «свобода лучше несвободы» и готовы принять его за идеологическую основу консолидации [9, с. 100–101].

Но у российских элит, и особенно региональных, по-прежнему отсутствует субъектность, то есть способность и воля к совместным действиям и к формированию государственной политики.

Данное обстоятельство, скорее всего, означает, что в ближайшем будущем предстоит новый этап пересмотра внутриэлитных отношений и взаимодействий между властью и элитами, особенно в случае усугубления экономических проблем и неспособности федерального центра решить их. Центральная власть вынуждена будет отказаться от части политических и экономических полномочий в пользу региональных элит с тем, чтобы снять с себя ответственность, и в этом случае ей придется согласиться с укреплением субъектной роли региональной элиты.

Литература

1. Мониторинг экономического развития России в период с 1991 по 2010 гг.: опыт циклического анализа макроэкономической динамики / В.А. Цветков, Л.А. Аносова, К.Х. Зоидов, А.В. Большаков. – М.: ЦЭМИ РАН, 2013. – С. 1.
2. Макроэкономические тенденции. Внешэкономбанк. Май 2014 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vneb.ru/ru/analytics/macro/> (дата обращения: 25.08.2016).
3. Гельман В.Я. Второй электоральный цикл и трансформация политического режима в России [Электронный ресурс]. – URL: http://www.democracy.ru/library/practice/media/rfelec_gor/page3.html (дата обращения: 14.02.2014).
4. INVESTING.CO: сайт. – URL: <http://ru.investing.com>
5. Министерство финансов РФ: официальный сайт. – URL: minfin.ru (дата обращения: 25.08.2016).
6. Мохов В.П. Элитная консолидация: государство и региональные элиты в России от Ельцина до Путина [Электронный ресурс]. – URL: <http://mylektsii.ru/1-52611.html> (дата обращения: 15.01.2011).
7. Гаман-Голутвина О.В. Политические элиты России. 2006 [Электронный ресурс]. – URL: <http://gaman1.narod.ru/index.htm> (дата обращения: 14.02.2012)
8. Блинов С. Текущий кризис, его причины и необходимые меры [Электронный ресурс] // «Expert Online» 06 feb 2015. – URL: <http://expert.ru/2015/02/6/tekuschij-krizis-ego-prichiny-i-neobhodimyie-meryi/> (дата обращения: 14.02.2015).
9. Афанасьев М.Н. Российские элиты развития: запрос на новый курс. – М.: Фонд «Либеральная миссия», 2009. – 132 с.

Информация об авторе Information about author

Шуликов Алексей Олегович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший преподаватель кафедры менеджмента; Shulikov_a@mail.ru

Shulikov Aleksey Olegovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Lecturer of Management Chair; Shulikov_a@mail.ru

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

Объем

Объем рукописи статьи не менее 5 страниц в печатном формате журнала и не более 24 страниц, включая рисунки, таблицы, формулы, список литературы, информацию об авторах.

Рекомендуемая структура

Статья должна быть структурирована в соответствии с основными исследовательскими позициями (цель, методы, результаты исследования, выводы, список литературы). Структура статьи может незначительно варьироваться с учетом специфики содержания статей по конкретному направлению. В статьях технической, технологической и биологической направленности рекомендовано озаглавливать структурные разделы.

Правила набора

Текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman, размер шрифта 11, абзацный отступ – 0,7 см; междустрочный интервал – 1,0. Поля: верхнее – 23 мм, нижнее – 22 мм, правое – 20 мм, левое – 28 мм.

НАЧАЛО СТАТЬИ

Через один межстрочный интервал последовательно приводятся следующие сведения:

- индекс универсальной десятичной классификации (УДК), выровненный влево (шрифт 11);
на русском языке указываются инициалы, фамилии авторов последовательно с выравниванием по центру (полужирными буквами, шрифт 11);
- название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, выровненное по центру (шрифт 11);
- текст краткой аннотации (≈150 слов), выровненный по ширине полосы (шрифт 10); **аннотация** должна содержать краткое изложение проблемы, указание на технологию или методы исследования, результаты исследования с акцентом на их новизну;
- ключевые слова (не более 10 слов) на русском языке, выровненные по ширине полосы (шрифт 10);
на английском языке указываются инициалы, фамилии авторов последовательно с выравниванием по центру (полужирными буквами, шрифт 11);
- название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, выровненное по центру (шрифт 11);
- текст краткой аннотации (≈150 слов), выровненный по ширине полосы (шрифт 10);
- ключевые слова (не более 10 слов), выровненные по ширине полосы (шрифт 10).

Образец оформления начала статьи

УДК 519.6:550.38

О.В. Мандрикова, И.С. Соловьёв

МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРНОЙ СУТОЧНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ И ЛОКАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ В ГЕОМАГНИТНОМ СИГНАЛЕ

Предложенный в работе метод, основанный на конструкции вейвлет-пакетов, позволяет в автоматическом режиме выделить в геомагнитном сигнале характерную составляющую и разномасштабные локальные особенности, формирующиеся в периоды магнитных бурь. Локальные особенности несут информацию об интенсивности и характере развития магнитной бури, и их динамический анализ дает возможность проследить изменения энергетических параметров поля и фиксировать момент предстоящей бури. Выделенная характерная суточная составляющая геомагнитного сигнала описывает вариации поля в спокойные периоды времени и их существенное изменение в периоды возрастания геомагнитной активности. Апробация метода выполнена на модельных сигналах и данных магнитного поля Земли, полученных на обсерватории «Паратунка» (с. Паратунка, Камчатский край).

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, магнитные бури, геомагнитные данные.

CHARACTERISTIC DIURNAL CONSTITUENT AND LOCAL FEATURES IN GEOMAGNETIC SIGNAL EXTRACTION METHOD

The article proposes a new wavelet-based method, which allows to distinguish characteristic constituent and local features during magnetic storms in geomagnetic signal in an automatic mode. The local features carry substantial information about the intensity and the dynamic of the development of the geomagnetic perturbations; it allows us to detect sudden commencement because it could be an indicator of onset of the geomagnetic storm. The distinguished characteristic diurnal constituent of the geomagnetic signal describes the field variations in quiet time and its essential changes in periods of increasing geomagnetic activity. The method has been successfully tested on the model signals and the Earth's magnetic field data obtained at the observatory «Paratunka» (village Paratunka, Kamchatka region, Far East of Russia).

Key words: wavelet transform, magnetic storm, geomagnetic data.

ТЕКСТ СТАТЬИ

Основной размер шрифта текста статьи – 11. Таблицы, подрисуночные подписи – 9.

Рисунки. Все рисунки, кроме единственного, нумеруются, и на них делаются ссылки в тексте. Рисунки небольшого формата могут быть сверстаны в виде «форточек» (т. е. обтекаемые текстом). При этом расстояние между текстом и контуром рисунка должно быть равно 0,9 см. Рисунки, вставленные в текст, должны правиться средствами Microsoft Word, быть четкими, обозначения и надписи читаемыми. Номер рисунка и подпись к нему печатаются ниже 9 кеглем и выносятся отдельно от рисунка для возможности редактирования.

Образец оформления рисунков

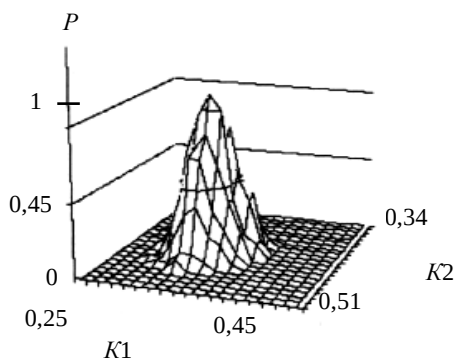


Рис. 3. Функция $P(K1, K2)$ вероятности работоспособности трехфазового мостового выпрямителя

Очевидно, что вид функции $p(K1, K2)$ зависит от топологии элементов объекта диагностирования и их свойств. Если вероятности возникновения кратных дефектов невелики, функция $p(K1, K2)$ близка к константе на всей области (рис. 3), если велика вероятность возникновения кратных дефектов, вид функции $p(K1, K2)$ зависит от топологии соединения элементов объекта диагностирования. Для определения области работоспособности в пространстве $K1, K2$ в каждой его точке необходимо вычислить значение P – вероятности нахождения объекта в работоспособном состоянии, вычислив отношение значения функции $p(K1, K2)$ к сумме значений $p(K1, K2)$ и $p_n(K1, K2)$.

Определив таким образом функцию $P(K1, K2)$ и задавшись требуемым пороговым значением величины вероятности (например, $P > 0,95$), получим область работоспособности объекта в пространстве выделенных параметров $K1, K2$. Аналитическое решение рассматриваемой задачи не найдено, так как нахождение функций $p(K1, K2)$ и $p_n(K1, K2)$ в общем случае затруднено из-за высокой размерности системы уравнений, определяющих $K1$ и $K2$ как функции y_j .

Формулы. Математические, физические и химические формулы следует набирать в редакторе Microsoft Equation Editor. Все формулы, на которые есть ссылки в тексте, нумеруются, и ссылки на них приводятся в круглых скобках. Формулы выносятся отдельной строкой. Номер формулы вводится в круглые скобки и выравнивается вправо.

Образец оформления формул

Полученные из опыта значения коэффициентов передач по каждому из каналов $K1(y_j)$ и $K2(y_j)$ соответственно удовлетворяют неравенствам:

$$\begin{aligned} -1 \leq K1(y_j) \leq 1, \\ -1 \leq K2(y_j) \leq 1. \end{aligned} \quad (8)$$

Учитывая более жесткие ограничения (1), получим систему неравенств:

$$\begin{aligned} K1(y_j \min) \leq K1(y_j) \leq K1(y_j \max), \\ K1(y_j \min) \leq K1(y_j) \leq K1(y_j \max). \end{aligned} \quad (9)$$

При построении семейства характеристик $K1_j = f(K2_j)$ учет неравенств (9) приведет к ограничению изоварных кривых с обеих сторон и выделению отрезков кривых, пересекающихся в исходной рабочей точке, соответствующей номинальным значениям $y_j^H(x)$.

Таблицы. Все таблицы, кроме единственной, нумеруются. Текст таблиц набираются курсивом, 9 кеглем, через 1,0 интервал. Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа. При делении таблицы на части допускается заменять ее головку или боковик соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и строки первой части таблицы. Слово «Таблица» указывают один раз над первой частью таблицы курсивом, над другими частями пишут слова «Продолжение табл.» или «Окончание табл.» с указанием номера таблицы.

Образец оформления таблиц

В исходной флоре Авачинской губы, включающей 165 видов, преобладали массовые и поясообразующие (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение массовых, часто, редко и единично встречающихся видов
во флоре Авачинской губы в различные периоды

Группы видов	1970 г.		1991 г.		1999 г.	
	Количество видов	%	Количество видов	%	Количество видов	%
Массовые	54	32,7	35	22,15	24	23,3
Частые	46	27,9	36	22,8	6	5,8
Редкие	38	23,0	35	22,15	33	32,1
Единичные	27	16,4	52	32,9	40	38,8
Всего	165	100	158	100	103	100

За двадцатилетний период сильного загрязнения (1970–1991 гг.) видовой состав сократился незначительно.

Ссылки. Все ссылки на используемые источники нумеруются. Номера ссылок в тексте должны идти по порядку и быть заключены в квадратные скобки. Примеры: [1–7] или [1, с. 20] – при ссылке на конкретный фрагмент документа или при использовании прямой цитаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список используемых источников приводится под заголовком **Литература** в конце текста статьи и составляется в порядке упоминания источника в статье. Оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка».

Книга одного, двух, трех авторов:

Гришаева Л.И., Цурикова Л.В. Введение в теорию межкультурной коммуникации: учеб. пособие для вузов. 3-е изд. – М.: Academia, 2006. – 123 с. (Высшее профессиональное образование. Языкознание).

Книга, имеющая более трех авторов:

Методы анализа и обработки сложных геофизических сигналов: моногр. / О.В. Мандрикова, В.В. Геппенер, Д.М. Клионский, А.В. Экало. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. – 258 с.

Сборники трудов:

Россия и мир: гуманитар. проблемы: межвуз. сб. науч. тр. / С.-Петерб. гос. ун-т вод. коммуникаций. – 2004. – Вып. 8. – С. 145.

Археология: история и перспективы: сб. ст. Первой межрегион. конф., Ярославль, 2003. – 350 с.

Материалы конференций:

Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы III Всерос. науч.-техн. конф. (20–22 марта 2012 г.). – Петропавловск-Камчатский, 2012. – 230 с.

Статьи из журналов, сборников, материалов конференций:

Ефимова Т.Н., Кусакин А.В. Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 1. – С. 80–86.

Бугаев В.Ф. Многовидовой промысел лососей бассейна р. Камчатка // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы V науч. конф. (22–24 ноября 2004 г.) – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2004. – С. 168–172.

Авторефераты, диссертации:

Горовая О.Ю. Экологические особенности гольцов рода *Salvelinus* (*Salmoniformes: Salmonidae*) Камчатки: анализ фауны и сообществ паразитов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2008. – 25 с.

Фенухин В.И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северо-Кавказского региона: дис. ... канд. полит. наук. – М., 2002. – С. 54–55.

Аналитические обзоры:

Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья: аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. – М.: ИМЭМО, 2007. – 39 с.

Официальные документы:

О противодействии терроризму: федер. закон Рос. Федерации от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 26 февр. 2006 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 1 марта 2006 г. // Рос. газ. – 2006. – 10 марта.

Патенты:

Приемопередающее устройство: пат. 2187888 Рос. Федерация. № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.

Архивные документы:

Гребенщиков Я.П. К небольшому курсу по библиографии: материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. – Ф. 41. – Ед. хр. 45. – Л. 1–10.

Электронные ресурсы:

О введении надбавок за сложность, напряженность и высокое качество работы [Электронный ресурс]: указание М-ва соц. защиты Рос. Федерации от 14 июля 1992 г. № 1-49-У. Документ опубликован не был. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Жилищное право: актуальные вопросы законодательства: электрон. журн. – 2007. – № 1. – URL: <http://www.gilpravo.ru> (дата обращения: 20.08.2007).

Паринов С.И., Ляпунов В.М., Пузырев Р.Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайн-сервисов // Электрон. б-ки. – 2003. – Т. 6, вып. 1. – URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/> (дата обращения: 25.11.2006).

Авилова Л.И. Развитие металлопроизводства в эпоху раннего металла (энеолит – поздний бронзовый век) [Электронный ресурс]: состояние проблемы и перспективы исследований // Вестн. РФФИ. – 1997. – № 2. – URL: <http://www.rfbr.ru/pics/22394ref/file.pdf> (дата обращения: 19.09.2007).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Информация обо всех авторах статьи приводится последовательно на русском и английском языках по схеме: фамилия, имя, отчество автора; название организации, индекс, страна, город; степень, звание, должность; электронный адрес (шрифт 10) и размещается в конце статьи.

Образец оформления информации об авторах

Информация об авторах Information about authors

Белафина Ольга Александровна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; специалист по научно-технической информации отдела науки и инноваций, oni@kamchatgtu.ru

Belavina Olga Aleksandrovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Specialist in Technical and Scientific Information of Science and Innovation Department; oni@kamchatgtu.ru

Токарева Галина Альбертовна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор филологических наук; доцент; профессор кафедры истории и философии; 683002, Россия, Петропавловск-Камчатский; Петропавловск-Камчатский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ; профессор кафедры экономических и социально-гуманитарных наук; tga41@yandex.ru

Tokareva Galina Albertovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Philological Sciences; Associate Professor; Professor of History and Philosophy Chair; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Petropavlovsk-Kamchatsky Branch of Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; Professor of Economic, Social and Human Sciences Chair; tga41@yandex.ru

Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Камчатский государственный технический университет»

Управление Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций по Камчатскому краю
Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ТУ41-00292 от 06 декабря 2016 года

Главный редактор Н.Г. Ключкова
Научный редактор Г.А. Токарева

Редактор О.В. Ольхина
Технический редактор О.А. Лыгина
Верстка, оригинал-макет О.А. Лыгина

Адрес редакции, издателя, типографии:

683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35
Тел. (4152) 300–953. Факс (4152) 42-05-01
E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru
www.kamchatgtu.ru

Дата выхода в свет 30.12.2016 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 14,75. Уч.-изд. л. 15,11. Усл. печ. л. 15,58
Тираж 500 экз. Заказ № 160

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 81288

Цена свободная

Отпечатано участком оперативной полиграфии издательства
ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»