

ИЗВЕСТИЯ

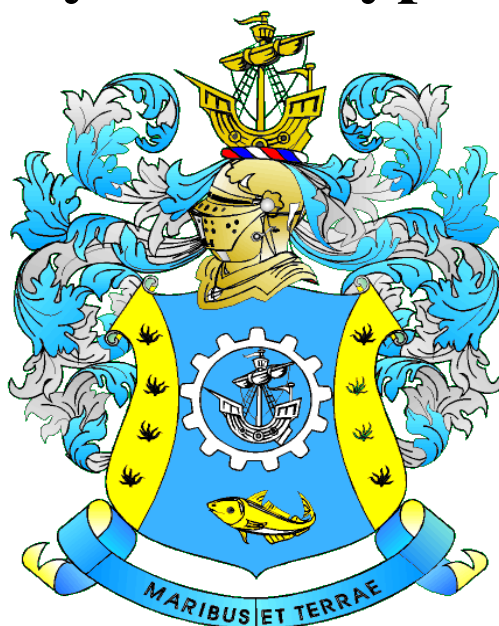
КГТУ

2017

№ 47

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИ-
ВЕРСИТЕТ»

Научный журнал



Индексирование журнала, включение в базы данных
Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
Agricultural Research Information System (Agris)

Калининград

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77- 47915 от 22 декабря 2011 г.

Редакционный совет:

Главный редактор: В. А. Волкогон, канд. экон. наук, доцент
Зам. главного редактора: Н. А. Кострикова, канд. физ.-мат. наук, доцент

С. Т. Антипов, д-р техн. наук, проф., проректор по НИР ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Заслуж. изобретатель РФ;

А. В. Бараненко, д-р техн. наук, проф., ректор Института холода и биотехнологий ФГБОУ ВО «С.-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Заслуж. деятель науки РФ;

А. М. Ершов, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», Заслуж. работник рыбн. хоз- ва РФ;

М. К. Ибатов, д-р техн. наук, проф., ректор Карагандинского государственного технического университета;

В. В. Козловский, д-р экон. наук, проф. кафедры экономики и предпринимательства Белорусского государственного экономического университета;

Е. А. Криксунов, д-р биол. наук, проф., зав. лабораторией онтогенеза кафедры ихтиологии МГУ им. М. В. Ломоносова, чл.-корр. РАН;

С. Е. Кузнецов, д-р техн. наук, проф., нач. кафедры САЭЭС Государственного университета морского и речного флота им. адм. С. О. Макарова, Заслуж. деятель науки РФ, акад. РАТ;

О. М. Лапшин, д-р техн. наук, директор ФГУП «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (КамчатНИРО);

Ю. И. Нечаев, д-р техн. наук, проф. кафедры вычислительной техники и информационных технологий С.-Петербургского государственного морского технического университета;

В. А. Панфилов, д-р техн. наук, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева», акад. РАН;

Тадеуш Пецух, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой техники водной очистки и утилизации отходов Кошалинского политехнического университета (Польша);

А. М. Салецкий, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой общей физики МГУ им. М. В. Ломоносова;

Ю. Т. Сечин, д-р биол. наук, проф. кафедры «Биоэкология и ихтиология» Московского государственного университета технологий и управления, Заслуж. деятель науки РФ, Почетный работник рыбн. хоз- ва РФ;

А. С. Холодов, д-р физ.-мат. наук, проф., зам. директора ФГБУН «Институт автоматизации проектирования РАН», зав. кафедрой мат. моделирования ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт», акад. РАН;

Хугес-Халлетт Эндрю Джонатан, д-р экон. наук, проф. Университета им. Джорджа Масона (штат Вирджиния, США)

Редакционная коллегия:

С. А. Айпеисова, д. б. н., проф.; *Б. А. Альтикуль*, д. т. н., проф.; *Ю. Н. Антипов*, д. физ.-мат. н.; проф.; *О. А. Анциферова*, к. с.-хоз. н., доц.; *О. М. Бедарева*, д. б. н., проф.; *В. Ф. Белей*, д. т. н., проф.; *Н. Д. Бобарыкин*, д. т. н., проф.; *В. В. Брюханов*, д. физ.-мат. н., проф.; *Р. Н. Буруковский*, д. б. н., проф.; *А. А. Герасимов*, д. т. н., проф.; *Л. Т. Главинская*, д. экон. н., проф.; *Л. М. Григорович*, к. б. н., доц.;
С. В. Дятченко, д. т. н., проф.; *А. В. Иванов*, д. экон. н., проф.; *В. П. Иванов*, д. т. н., проф.; *О. Я. Мезенова*, д. т. н., проф.; *В. М. Минько*, д. т. н., проф.;
А. Г. Мнацаканян, д. экон. н., проф.; *А.Б. Муромцев*, д. вет. н., проф.;
Е. Н. Науменко, д. б. н., доц.; *В.А. Наумов*, д. т. н., проф.; *В.И. Панасин*, д. с.-хоз. н., проф.; *И. А. Пахнутов*, к. физ.-мат. н., доц.; *М.М. Розенштейн*, д. т. н., проф.;
Е. С. Роньжина, д. б. н., проф.; *В. И. Саускан*, д. б. н., проф.;
Н. А. Сберегаев, к. экон. н., проф.; *Л. И. Сергеев*, д. экон. н., проф.; *С. П. Сердобинцев*, д. т. н., проф.; *Г. Г. Серпунин*, д. б. н., проф.; *Л. Т. Серпунина*, д. т. н., проф.; *В. А. Слежкин*, к. хим. н., доц.; *В. И. Сутьрин*, д. т. н., проф.;
О. С. Сухарев, д. экон. н., проф.; *В. П. Терещенко*, к. т. н., проф.;
И. М. Титова, к. т. н., доц.; *А. Б. Тристанов*, к. т. н., доц.; *Ю. А. Фатыхов*, д. т. н., проф.;
С. В. Фёдоров, д. т. н., проф.; *В. А. Фунтиков*, д. хим. н., проф.;
Р. Ш. Хаджаев, д. экон. н., проф.; *В. И. Шендерюк*, д. т. н., проф.;
С. В. Шibaев, д. б. н., проф.; *В. Н. Эрлихман*, д. т. н., проф.;
А. В. Юров, д. физ.-мат. н., проф.

Выпускающий редактор С. В. Супрунова

Адрес редакции: 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1;
тел.: (4012) 99-59-01, 99-59-10, 99-59-74; факс: (4012) 91-68-46;
сайт: www.klgtu.ru; E-mail: svetlana.suprunova@klgtu.ru

© ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», 2017



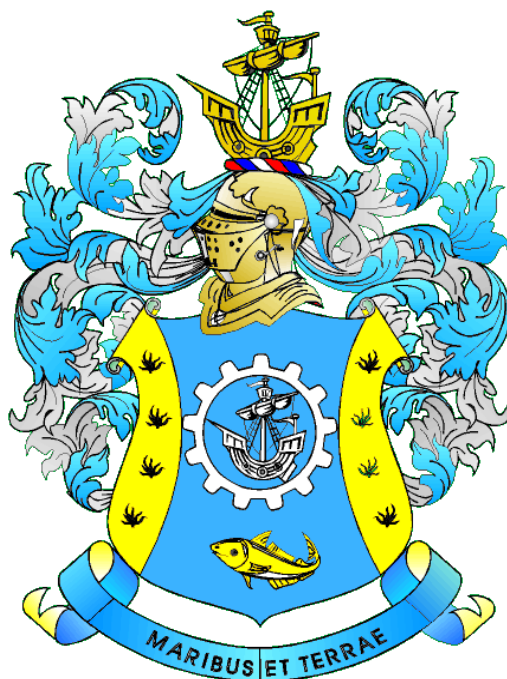
KSTU NEWS

2017

№ 47

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL
INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
«KALININGRAD STATE TECHNICAL UNIVERSITY»

SCIENTIFIC JOURNAL



Journal index, registration in databases
Russian Index of Scientific Citation (RISC)
Agricultural Research Information System (Agris)

Kaliningrad

СОДЕРЖАНИЕ

Биология, экология и рыбное хозяйство

<i>Архипов А. Г., Осадчий В. М., Сазонова Д. Ю., Саускан В. И., Серпунин Г. Г.</i> К вопросу о стратегии развития рыбохозяйственной отрасли Российской Федерации до 2030 года	13
<i>Бугранова О. С., Цутикова Н. А., Лозицкая Е. А.</i> Сезонная изменчивость фитопланктона на фоне гидрохимических показателей пруда Пелавского (г. Калининград) в 2015-2016 гг.	22
<i>Горбунова Ю. А., Чубаренко Б. В., Домнин Д. А.</i> Биогенная нагрузка на водосборный бассейн реки Преголи от антропогенных источников	34
<i>Жаворонкова А. М., Золотницкий А. П., Сытник Н. А.</i> О влиянии размера тела и температуры воды на удельную скорость роста анадары (<i>Anadara inaequalis</i> , Bruguière)	46
<i>Крупнова М. Ю., Суховская И. В., Борвинская Е. В., Немова Н. Н.</i> Влияние ионов кадмия на активность лизосомальных протеиназ в мышцах радужной форели <i>Oncorhynchus mykiss</i> (0+)	56
<i>Шибяев С. В.</i> Модель оценки эффективности рыбохозяйственной мелиорации нерестовых рек	64

Техника и технология пищевых производств

<i>Абрамова Л. С., Гофербер Е. П.</i> Объективный показатель биохимических процессов созревания филе сельди малосоленого	73
<i>Агеев О. В., Наумов В. А., Фатыхов Ю. А., Самойлова Н. В.</i> Математическое моделирование сил нормального контактного давления на наклонные грани ножа при резании рыбы	80
<i>Альшевский Д. Л., Шибко А. Г., Горностаева М. М.</i> Компьютерное моделирование рецептуры фаршевой смеси для сыровяленой рыбной колбасы ..	97
<i>Богдан Е. Г., Туришук Е. Г.</i> Влияние ферментного препарата на мясо одомашненного северного оленя	108
<i>Воробьев В. И., Андреев М. П., Нижникова Е. В., Нефёдова Н. П.</i> Содержание токсичных элементов и способ их частичного удаления в покровных тканях рыб с целью использования данного сырья для производства кормовой продукции	116
<i>Самсонов М. В.</i> Использование протосубтилина ГЗх для предотвращения образований микроэмульсий при гидролизе панцирных отходов северной креветки	123

Сельское хозяйство и природопользование

<i>Анциферова О. А.</i> Пространственная пестрота запасов продуктивной влаги в почвенных микрокомбинациях	135
<i>Панасин В. И., Роньжина Е. С., Шогенов Т. А., Рымаренко Д. А.</i> Эколого-агрохимические аспекты использования глауконитовых песков в земледелии Калининградской области	148

Судостроение, машиностроение и энергетика

Лецинский М. Б., Лецинская Г. И., Загацкий В. Р., Никулин Т. Р. Исследование электрохимических свойств щелочного электролита 159

Экономика и управление АПК

Колесниченко Е. А., Смагина В. В., Радюкова Я. Ю. Методический инструментарий оценки угроз экономической безопасности лесоразведения в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки 169

Корякина А. В., Теплицкий В. А. Инвестирование средств в создание резервов наливного флота 180

CONTENT

Biology, Ecology and Fishing Industry

<i>Arkhipov A. G., Osadchiy V. M., Sazonova D. Yu., Sauskan V. I., Serpunin G. G.</i> Revisiting the development strategy of the fishery industry of the Russian Federation up to 2030	13
<i>Bugranova O. S., Tsupikova N. A., Lozitskaya E. A.</i> Seasonal variability of phytoplankton associated with hydrochemical characteristics of the Pelavsky pond (Kaliningrad) in 2015-2016	22
<i>Gorbunova Ju. A., Chubarenko B. V., Domnin D. A.</i> Nutrient load on the Pregolya catchment area from the anthropogenic sources	34
<i>Zhavoronkova A. M., Zolotnitsky A. P., Sytnik N. A.</i> On the influence of the body size and water temperature on the specific growth rate of the anadara (<i>Anadara inaequalvis</i> Bruguière, 1789)	46
<i>Krupnova M. Yu., Sukhovskaya I. A., Borvinskaya E. V., Nemova N. N.</i> Effect of cadmium ions on the activity of lysosomal proteases in muscles of rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i> (0+)	56
<i>Shibaev S.V.</i> A model for assessment of effectiveness of fishery melioration of spawning rivers	64

Food Production Techniques and Technology

<i>Abramova L. S., Goferber E. P.</i> Objective measurement of the biochemical maturation processes of slightly salted herring fillet	73
<i>Ageev O. V., Naumov V. A., Fatykhov Ju. A., Samojlova N. V.</i> Mathematical simulation of normal contact pressure forces on inclined knife edges during fish cutting	80
<i>Alshevskiy D. L., Shibeko A. G., Gornostaeva M. M.</i> Computer simulation of forced meat recipes for raw-cured fish sausages	97
<i>Bogdan E. G., Turshuk E.G.</i> The effect of an enzyme preparation on the meat of domesticated reindeer	108
<i>Vorobyov V. I., Andreev M. P., Nizhnikova E. V., Nefyodova N. P.</i> The content of toxic elements and the method for their partial removal in integumentary tissues of fish with the aim of using this raw material for the production of feed products	116
<i>Samsonov M. V.</i> Using protosubtilin G3x to prevent the formation of microemulsions under hydrolysis of crustacean waste of northern shrimp	123

Agriculture and Nature Management

<i>Antsiferova O. A.</i> Spatial diversity of the productive moisture reserves in soil micro-combinations	135
<i>Panasin V. I., Ronzhina E. S., Shogenov T. A., Rymarenko D. A.</i> Ecological and agrochemical aspects of using glauconitic sands in agriculture of the Kaliningrad region	148

Ship Building, Machinery and Power-Engineering

Leschinsky M. B., Leschinskaya G. I., Zagatsky V. R., Nikulin T. R. Study of electrochemical properties of alkaline electrolyte 159

Economy and Management of agribusiness industry

Kolesnichenko E. A., Smagina V. V., Radyukova Ya. Yu. Methodological tools for estimation of threats to economic safety of forest development in conditions of climate changes and increasing anthropogenic load 169

Koryakina A. V., Teplitskiy V. A. Investment of resources in the creation of tanker fleet reserves 180

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 639.2/.3(06)

К ВОПРОСУ О СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДО 2030 ГОДА

А. Г. Архипов, В. М. Осадчий, Д. Ю. Сазонова, В. И. Саускан,
Г. Г. Серпунин

REVISITING THE DEVELOPMENT STRATEGY OF THE FISHERY INDUSTRY
OF THE RUSSIAN FEDERATION UP TO 2030

A.G. Arkhipov, V.M. Osadchiy, D.Yu. Sazonova, V.I. Sauskan, G.G. Serpunin

В статье проанализировано содержание Проекта «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2030 г.», далее Стратегии, разработанного по инициативе правительства России. Рассмотрена проблема нового политико-экономического подхода к развитию рыбного хозяйства на долгосрочный период в связи с изменением экономических условий работы отрасли и необходимостью её коренной модернизации. При анализе Проекта Стратегии обращено внимание на его основные положения и внесены соответствующие предложения. Рекомендуется уделить особое внимание разделу «Океаническое рыболовство», более чётко обозначить роль приморских регионов и внутренних водоемов России в реализации Стратегии, определить роль и место внутренних водоёмов России. Предложено также увеличить бюджетные инвестиции на исследования и поиск промысловых скоплений неосвоенных или слабо освоенных водных биоресурсов океанического рыболовства. Проект Стратегии требует дальнейшего обсуждения и доработки с участием отраслевых научно-исследовательских организаций и бизнес-сообщества.

проект Стратегии, рыбохозяйственный комплекс (РХК), промысел, вылов, водные биоресурсы (ВБР)

The article analyzes the content of the Project for the Development strategy of the Russian Federation fishery industry up to 2030 developed on the initiative of the Russian government. The problem of a new political and economic approach to the development of the industry in the long-term is considered in connection with the changing economic conditions of the industry and the need for its radical modernization. An analysis of the Strategy project has been carried out, attention has been paid to the main provisions of the Project and appropriate proposals have been made. It is recommended to pay more attention to the "Oceanic fisheries" section, to more clearly define the role of coastal regions in the implementation of the Strategy, to determine the role and place of Russian inland water reservoirs, to prepare and include a special section on aquaculture; it is also necessary to increase budgetary investments for research and search for exploitable concentrations of undeveloped or poorly developed aquatic bioresources of

oceanic fisheries. The Strategy project requires further discussion and finalization with the participation of industry research organizations and business community

Strategy project, fishery industry (FI), fishery, catch, aquatic biological resources (ABR)

ВВЕДЕНИЕ

Разработка новой «Стратегии развития рыбохозяйственной отрасли Российской Федерации до 2030 года» вызвана изменением экономических условий работы отрасли и необходимостью ее коренной модернизации. Предыдущие подходы к развитию рыбохозяйственного комплекса (РХК) себя исчерпали и в настоящее время требуют замены.

В истории РХК страны подобные ситуации возникали и ранее. Так, в 60-е годы XX в. наступила стагнация в работе рыбной промышленности страны, и было принято стратегическое решение о начале перехода советского рыболовства от промысла во внутренних водоемах и прибрежных морях к изучению и освоению биологических ресурсов Мирового океана, приведшего в 70-80-е годы к значительному росту годовых уловов СССР в океане с помощью господдержки отрасли, строительству и введению в эксплуатацию большого количества океанских судов. В результате наша страна стала ведущей рыбодобывающей страной в мире [1, 2].

На современном этапе необходим новый политико-экономический подход к развитию отрасли на долгосрочный период, так как современное состояние РХК России и методы стратегического планирования вступили в противоречие с развитием мировой экономики [2].

О ПРОЕКТЕ СТРАТЕГИИ -2030

Проект Стратегии-2030, разработанный по инициативе руководства страны (решение Госсовета РФ от 2015 года), в основном отвечает поставленным перед отраслью целям и задачам на современном этапе (насыщение внутреннего и внешнего рынка качественной рыбопродукцией).

В проекте Стратегии представлена схема развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2030 г. на основе изучения современного состояния российского океанического рыболовства и аквакультуры, однако она нуждается в некоторых дополнениях и изменениях. В частности, в обсуждаемом проекте недостаточно внимания уделено оценке возможной сырьевой базы и перспективам развития российского промысла водных биоресурсов в открытых и конвенционных районах Мирового океана. При этом не раскрыты пути, методы, этапы освоения водных биологических ресурсов (ВБР) в этих районах.

В Стратегии следует больше уделить внимания таким неосвоенным или слабо освоенным водным биоресурсам океанического рыболовства, как тунцы открытых океанических вод Мирового океана, ставрида открытой части Тихого океана (её запасы постепенно восстанавливаются), антарктический криль, кальмары и другим недостаточно исследованным ВБР открытой части и конвенционных районов Мирового океана.

ИЗМЕНЕНИЯ В РОССИЙСКОМ ОКЕАНИЧЕСКОМ РЫБОЛОВСТВЕ ПОСЛЕ 1991 ГОДА

В 70-80-е годы прошлого века в СССР вылов рыбы и морепродуктов в океанах достигал 10-11 млн т. В Атлантическом и южной части Тихого океанов добыча гидробионтов в конвенционных районах за пределами юрисдикции государств составляла 2000-2100 тыс. т. Подавляющее большинство этих ресурсов были открыты и освоены отечественными учеными и рыбаками [2 – 4].

В настоящее время в этих районах российский промысел сократился, и вылов упал до 350-360 тыс. т. При этом активный промысел в них продолжается судами других стран. Региональными международными организациями фиксируется падение уловов России и нередко прекращение промысла в вышеперечисленных акваториях [1, 3, 4]. Это ослабляет позиции страны в получении квот вылова. Положения документов международных организаций по рыболовству, регламентирующие промысел, обязательны для стран, входящих в эти организации и подписавших конвенции. Гипотетический, но, возможно, самостоятельный или принудительный выход России из международных организаций по рыболовству нежелателен. Кроме потери квот, информационных баз данных, стабильных рынков сбыта морепродуктов появятся и репутационные риски. Россия не может игнорировать политическую культуру современных отношений в области рыболовства. В свете реализации «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2030 года» необходимо больше внимания уделить оценке возможной сырьевой базы и перспективам развития российского промысла водных биоресурсов в океанических открытых и конвенционных районах Мирового океана. Как уже отмечалось, в первую очередь это относится к освоению тунцовых рыб, кальмаров и антарктического криля и ставриды открытой части Тихого океана [1, 3, 4].

Отечественный специализированный тунцеловный флот работал в Атлантике в 1965-2009 гг. (рис. 1), и его максимальный годовой улов достигал 25 тыс. т. Регулированием промысла тунцовых в Атлантическом океане занимается Международная комиссия по сохранению запасов атлантических тунцов (ИККАТ) [1, 3, 4].

Многие виды рыб не квотируются и доступны для облова. По экспертной оценке остаточные ресурсы «тропических» (желтоперый, большеглазый, полосатый) и «малых» (скупбриевидный, макрелевидный, пятнистый и др.) тунцов составляют примерно 400 тыс. т. В последние годы вылов тунцов Россией в Атлантическом океане ограничен только приловом тралового промысла в объеме 1,5-3,5 тыс. т ежегодно.

Возобновление отечественного промысла головоногих моллюсков в Атлантическом океане и Восточной Пацифике возможно при использовании за пределами экономических зон ресурсов аргентинского кальмара и кальмара-дозидикуса. Их ежегодный общий вылов в последние два десятилетия колеблется в широких пределах (рис. 2).

Промысел аргентинского кальмара Юго-Западной Атлантики советскими рыбаками был организован в шестидесятые годы прошлого века. В 1982-1991 гг. этот кальмар был объектом отечественного промысла с участием 30-80 средне- и крупнотоннажных траулеров с годовыми уловами от 18,2 до 137,5 тыс.т. Вылов Россией аргентинского кальмара в 1992-2004 гг. уменьшился с 66,9 до 0,6 тыс. т

при снижении промыслового усилия до одного-семи траулеров. С 2005 г. до настоящего времени отечественный промысел этого вида кальмара не ведется, хотя вылов за путину 10-15 судами мог бы составить 15-30 тыс. т. Величина общего годового вылова аргентинского кальмара весьма изменчива в связи с естественными колебаниями численности запаса [1, 3-5].

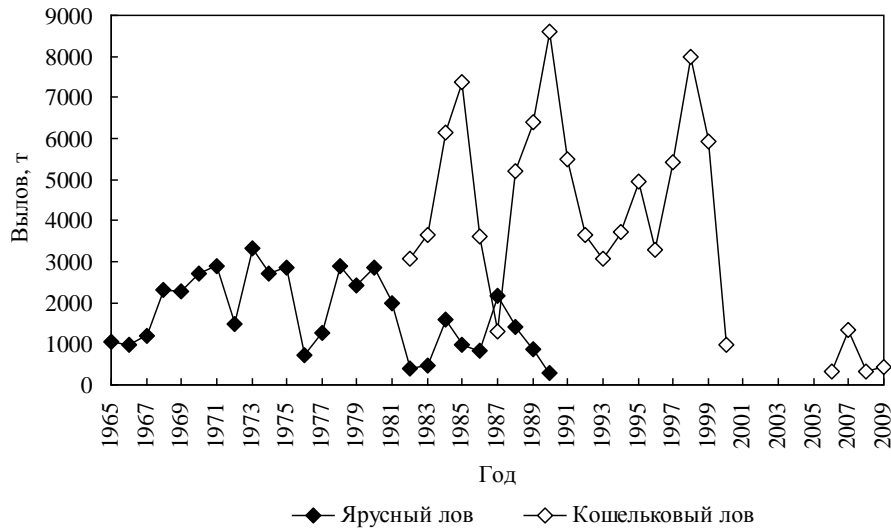


Рис. 1. Вылов тунцов СССР/Россией в Атлантическом океане в 1965-2009 гг. по данным ФГБНУ «АтлантНИРО», тыс. т
 Fig. 1. Tuna caught by the USSR / Russia in the Atlantic Ocean in 1964 - 2008 according to the data of the AtlantNIRO FGBIO, kt

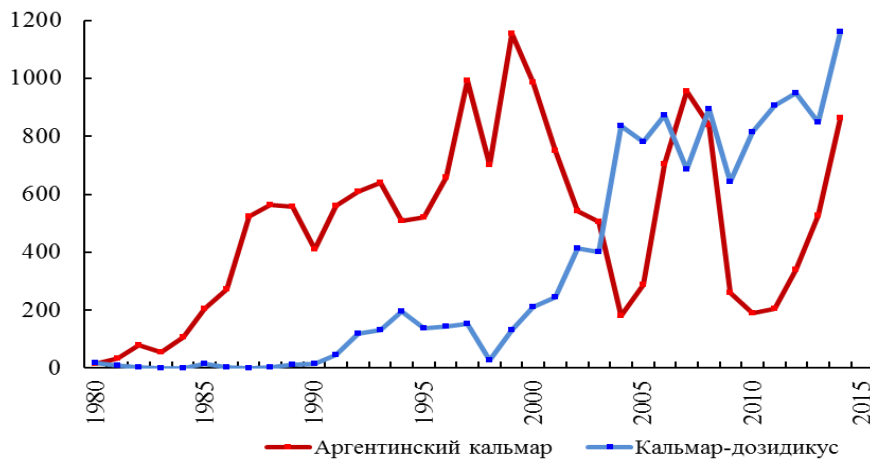


Рис. 2. Динамика общего вылова аргентинского кальмара и кальмара-дозидикуса в 1980-2014 гг., тыс. т
 Fig. 2. Dynamics of the total catch of Argentine squid and squid-dosidicus in 1980-2014, kt

Кальмар-дозидикус восточной части Тихого океана в последние годы стал ведущим промысловым видом в мировом промысле головоногих с годовыми уловами более 1 млн т (рис. 2). При значительной межгодовой изменчивости вели-

чины и доступности запаса в благоприятные годы возможен круглогодичный промысел 6-12 судов с общим выловом 10-50 тыс. т.

Запасы этих двух видов кальмаров не регулируются региональными международными организациями, и они доступны в режиме свободного рыболовства. В случае использования ресурсов кальмаров годовой вылов России может составить в ближайшие годы при эксплуатации имеющихся траулеров около 15-30 тыс. т и в перспективе при постройке наиболее эффективных на промысле этих кальмаров судов-светоловов – до 50-80 тыс. т [3, 4].

Промысловые ресурсы Антарктики, и прежде всего антарктического криля, были открыты, изучены и рекомендованы к рациональному использованию отечественными учеными и рыбаками. В 1970-2016 гг. советским/российским флотом было выловлено в сумме около 5,7 млн т криля и рыбы, что составляет примерно 60 % общего вылова биоресурсов, добытых в Атлантической части Антарктики в этот период (рис. 3). В 1980-е годы советский флот ежегодно добывал до 360 тыс. т криля. С 1992 г. отечественные антарктические промыслы практически были свернуты. Вместе с тем антарктический криль остается одним из крупнейших и перспективных биологических ресурсов [1, 3– 5].

Величина биомассы криля в Атлантической части Антарктики оценивается в 60,3 млн т при общем допустимом вылове 5,61 млн т. Однако ежегодная добыча криля временно ограничена величиной порогового уровня в 620 тыс. т, который был введен в 2007 г. Достигнутый годовой вылов – 250-300 тыс. т. Даже при действующем ограничении на вылов недоиспользованный резерв составляет порядка 300-350 тыс. т в год. Имеются возможности использования значительной части этого резерва российскими рыбаками [6]. Развитие отечественного промысла криля в Атлантической части Антарктики при наращивании добывающих мощностей не ограничивается ни состоянием ресурсов, ни правовыми возможностями промысла в зоне Конвенции АНТКОМ (Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики, а также Конвенция по сохранению морских живых ресурсов Антарктики) [1]. Промысел криля не квотируется между странами, здесь действует олимпийская система в рамках установленных величин допустимого вылова [1, 7].

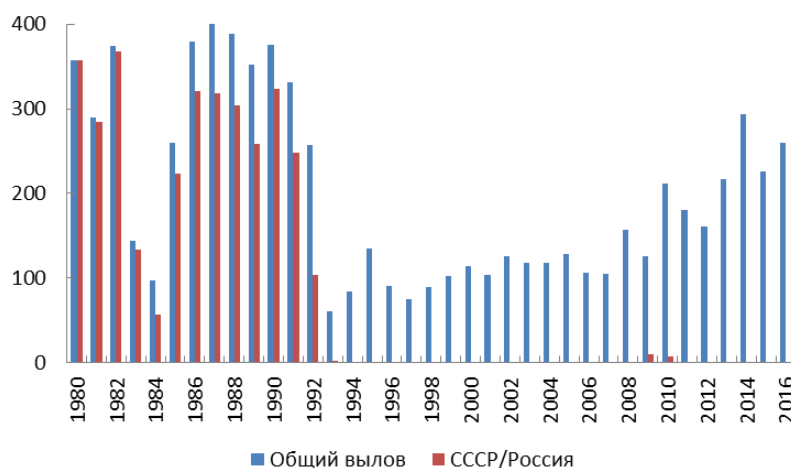


Рис. 3. Динамика вылова криля в Антарктической части Атлантики, тыс. т
 Fig. 3. Dynamics of the krill catch in the Antarctic Atlantic, kt

Промысловый район открытых вод южной части Тихого океана (ЮТО) был открыт научно-поисковой экспедицией СССР (Калининград, «Запрыбпромразведка», АтлантНИРО) в 1978 г. Основным объектом добычи была перуано-чилийская ставрида. До 100 крупнотоннажных судов успешно работали круглогодично на акватории от экономических зон Перу и Чили до Новой Зеландии. Вылов ставриды в 1984 г. превысил 1 млн. т (рис. 4). В 1991 г. промысел был закрыт в связи с переходом отрасли к новым экономическим отношениям [1, 3, 4]. После 2000 г. промысел ставриды в ЮТО был возобновлен, но велся не каждый год. В настоящее время вылов квотируется СПРФМО (South Pacific Regional Federal Management Organisation – организация, занимающаяся контролем открытых вод и ИЭЗ Южной части Тихого океана). Штаб-квартира СПРФМО находится в Веллингтоне, Новая Зеландия. Нерестовая биомасса в 2016 г. оценена в 4,1 млн т. Величина ОДУ (общий допустимый улов) составляет 493 тыс. т. При наличии у России ежегодной квоты 13,4-16,2 тыс. т в последние 5 лет лишь один траулер работал в 2015 и 2017 гг., вылов составил, соответственно, 2,6 и 3,2 тыс. т. В рамках СПРФМО можно добиться увеличения квоты, но необходимо ежегодно выбирать её. Учитывая роль СССР/России в открытии и освоении района ЮТО, в перспективе можно рассчитывать на квоту в 100 тыс. т при ОДУ 500 тыс. т.

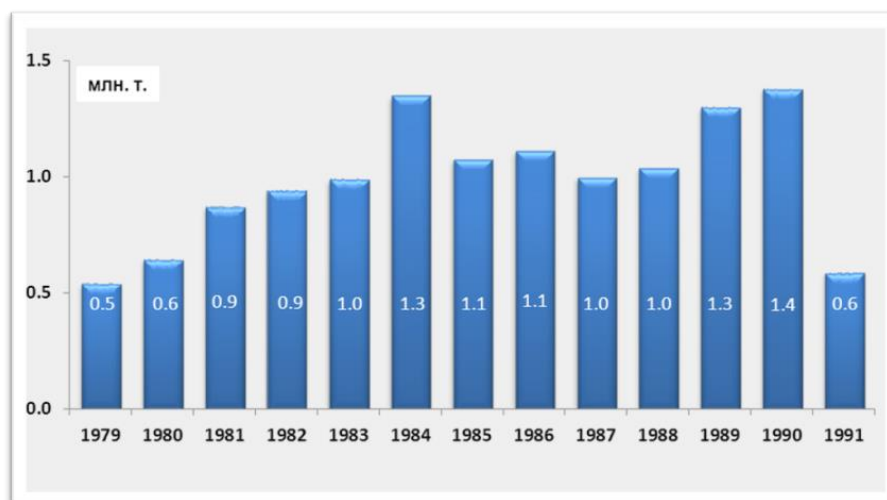


Рис. 4. Динамика вылова ставриды в Южной Пацифике флотом СССР в 1979-1991 гг., млн т

Fig. 4. Dynamics of the horse mackerel catch by the Southern Pacific fleet of the USSR in 1979-1991, million tons

ЗНАЧИМОСТЬ РАЗВИТИЯ РЫБОЛОВСТВА ДЛЯ РОССИИ В ОТКРЫТЫХ И КОНВЕНЦИОННЫХ РАЙОНАХ МИРОВОГО ОКЕАНА

В настоящее время добыча биоресурсов в Мировом океане контролируется и определяется международными организациями. Это относится и к обозримой перспективе. Сокращение Россией промысла и научных работ в открытой части и конвенционных районах Мирового океана наносит ущерб ее сегодняшним и долгосрочным интересам.

Поэтому в перечень основных направлений развития рыбохозяйственной науки следует включить пункт: «Изучение перспективных неосвоенных или слабо освоенных водных биоресурсов в Мировом океане с целью вовлечения этих ресурсов в сферу отечественного промысла». Наша страна, имеющая огромный опыт в изучении и промысле этих объектов в XX в., должна продолжить научные исследования и принять участие в освоении вышеназванных ВБР, чтобы иметь возможность вести добычу перспективных водных объектов в открытых и конвенционных районах Мирового океана в будущем.

В проекте Стратегии ускоренное развитие РХК в СЗФО (Северо-западный федеральный округ) планируется обеспечить двумя точками роста – производством продукции с высокой добавленной стоимостью из уловов тресковых рыб и индустриальным лососеводством. Это недостаточно проработанный подход. Необходимо включить третью точку роста – вовлечение в промысел перспективных объектов ВБР мало освоенных и новых потенциальных видов в конвенционных районах и открытой части Мирового океана.

Представляется также стратегически необоснованным исключение из списка перспективных базовых географических «точек роста» для дальнейшего развития отечественного океанического рыболовства единственного эксклавного региона России – Калининградской области, которая, несмотря на некоторое замедление развития рыбной отрасли в России в целом, всё ещё в значительной степени сохранила необходимую инфраструктуру (порты, судостроительные, судоремонтные и рыбообрабатывающие предприятия, логистику, опытные кадры, научные и образовательные организации высшего и среднего профессионального образования и др.). В частности, Калининградский государственный технический университет является головным в России среди рыбохозяйственных вузов. Роль приморских регионов России в Стратегии представлена недостаточно, а именно им предстоит решать задачи по развитию отрасли. В раздел «Целевые индикаторы» нужно включить «Рост индекса качества жизни населения России», особенно в приморских регионах.

Перечень «Внутренних угроз» следует дополнить положением о «недостаточном участии государства в управлении отраслью в целом, в определении стратегических целей и задач развития отрасли, в создании условий и преференций для привлечения внутренних и внешних инвестиций, частного капитала в государственные приоритетные бизнес-проекты и др.».

Основное внимание в Стратегии уделено обновлению флота на Дальневосточном и Северном бассейнах. При этом строительство флота предполагается вести только для освоения запасов минтая и трески. На наш взгляд, это серьезная ошибка, которая исключает возможность участия других приморских регионов страны в модернизации отрасли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения поставленных задач по развитию РХК России необходимо увеличить бюджетные инвестиции на исследования и поиск промысловых скоплений неосвоенных или слабо освоенных водных биоресурсов океанического рыболовства.

На наш взгляд, проект Стратегии требует дальнейшего обсуждения и доработки с участием мнения отраслевых научно-исследовательских организаций и бизнес-сообщества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Использование сырьевой базы рыболовным флотом Российской Федерации в Атлантическом океане в зонах ответственности АтлантНИРО / А. Г. Архипов [и др.] // Труды ВНИРО. - 2016. - Т. 160. - С. 41-59.
2. Лукьянова, Л. М. Пути реализации концепции устойчивого развития в рыбохозяйственном комплексе Калининградской области / Л. М. Лукьянова, В.М. Осадчий, В.И. Саускан // Балтийский экономический журнал. - 2014. - № 2(12). - С. 80-88
3. FAO Yearbook / Fishery and aquaculture statistics (2014). - 2016. Rome: FAO. - 79 p.
4. Промысловое описание продуктивных районов Атлантического океана (к югу от параллели 50°с.ш.) и Юго-Восточной части Тихого океана // Калининград: «Капрос», 2013. - 415 с.
5. Саускан, В. И. Сырьевая база рыбной промышленности России: учебник для студентов вузов / В. И. Саускан, К. В. Тылик. - Москва: «МОРКНИГА», 2013. - 236 с.
6. Саускан, В. И. Пути развития отечественного рыболовства / В. И. Саускан, В. М. Осадчий, Л. М. Лукьянова // Системные исследования в науке, управлении, образовании: сборник научных трудов.– Калининград, 2015. – С. 54-61.
7. Саускан, В. И. Пути развития отечественного рыболовства / В. И. Саускан, В. М. Осадчий, Л. М. Лукьянова // Рыбное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 3-8.

REFERENCES

1. Arhipov A. G., Gerber E. M., Kasatkina S. M., Lukackij V. B., Nesterov A. A., Nigmatullin Ch. M., Timoshenko N. M., Chadaev V. A. Ispol'zovanie syr'evoj bazy rybolovnym flotom Rossijskoj Federacii v Atlanticheskom okeane v zonah otvetstvennosti AtlantNIRO [The use of raw-material base by the fishing fleet of the Russian Federation in the Atlantic Ocean in the areas of responsibility of AtlantNIRO]. *Trudy VNIRO*, 2016, vol. 160, pp. 41-59.
2. Luk'janova L. M., Osadchij V. M., Sauskan V. I. Puti realizacii koncepcii ustojchivogo razvitija v rybohozajstvennom komplekse Kaliningradskoj oblasti [Ways to implement the concept of sustainable development in the fisheries industry of the Kaliningrad region]. *Baltijskij jekonomicheskij zhurnal*, 2014, no. 2(12), pp. 80-88.
3. FAO Yearbook. Fishery and aquaculture statistics (2014). 2016, Rome, FAO, 79 p.
4. *Promyslovoe opisanie produktivnyh rajonov Atlanticheskogo okeana (k jugu ot paralleli 50°s.sh.) i jugo-vostochnoj chasti Tihogo okeana* [Fishery description of the productive areas of the Atlantic Ocean (south of the parallel 50 ° N) and the South-East Pacific]. Kaliningrad, Kapros, 2013, 415 p.

5. Sauskan V. I., Tylik K. V. *Syr'evaja baza rybnoj promyshlennosti Rossii: uchebnik dlja studentov vuzov* [Raw-material base of the Russian fishing industry: textbook for university students]. Moscow, Morkniga, 2013, 236 p.

6. Sauskan V. I., Osadchij V. M., Luk'janova L. M. *Puti razvitija oteche-stvennogo rybolovstva* [Ways of the domestic fisheries development]. Sbornik nauchnyh trudov. Sistemnye issledovanija v nauke, upravlenii, obrazovanii [Proceeding. System research in science, management and education]. Kaliningrad, Izd-vo FGBOU VPO «KGTU», 2015, pp. 54-61.

7. Sauskan V. I., Osadchij V. M., Luk'janova L. M. *Puti razvitija otechestvennogo rybolovstva* [Ways of the domestic fisheries development]. *Rybnoe hozjajstvo*, 2015, no. 1, pp. 3-8.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Архипов Александр Геральдович – Калининградский государственный технический университет, доктор биологических наук, профессор; Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, заместитель директора; E-mail: arhipov@atlantniro.ru

Arkhipov Aleksandr Geraldovich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Biological Sciences, Professor; Atlantic Research Institute of Fisheries and Oceanography, Deputy Director; E-mail: arkipov@atlantniro.ru

Осадчий Виктор Михайлович – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент; E-mail: osadvm@rambler.ru

Osadchij Viktor Mihajlovich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biological Sciences, Assistant Professor; E-mail: osadvm@rambler.ru

Сазонова Дарья Юрьевна – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры ихтиологии и экологии; E-mail: dashishechka@mail.ru

Sazonova Daria Yurievna – Kaliningrad State Technical University; Post-graduate student, Department of ichthyology and ecology; E-mail: dashishechka@mail.ru

Саускан Владимир Ильич – Калининградский государственный технический университет; доктор биологических наук, профессор; E-mail: sauskan@klgtu.ru

Sauskan Vladimir Ilyich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Biological Sciences, Professor; E-mail: sauskan@klgtu.ru

Серпунин Геннадий Георгиевич – Калининградский государственный технический университет; доктор биологических наук, профессор; E-mail: serpunin@klgtu.ru

Serpunin Gennady Georgievich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Biological Sciences, Professor; E-mail: serpunun@klgtu.ru

УДК 581.526.32:574.52:504.4

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФИТОПЛАНКТОНА НА ФОНЕ
ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРУДА ПЕЛАВСКОГО
(Г. КАЛИНИНГРАД) В 2015-2016 ГГ.

О. С. Бугранова, Н. А. Цупикова, Е. А. Лозицкая

SEASONAL VARIABILITY OF PHYTOPLANKTON ASSOCIATED
WITH HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE PELAVSKY POND
(KALININGRAD) IN 2015-2016

O. S. Bugranova, N. A. Tsupikova, E. A. Lozitskaya

Приведены результаты исследования фитопланктона и гидрохимического мониторинга водной экосистемы пр. Пелавского в вегетационные сезоны 2015-2016 гг. Данные собраны во время экологического мониторинга на четырех стандартных станциях в вегетационный период с мая по октябрь. Получены сведения о сезонной изменчивости видового разнообразия, количественных характеристик (численности и биомассы). Выявлены три отдела водорослей, которые являются основой таксономического состава пруда, и определены их доли по численности и биомассе в фитоценозе водоема. Для каждого сезона выделены доминирующие виды в численности и биомассе. В водах пруда обнаружено 202 таксона водорослей, принадлежащих к восьми отделам. Наибольшее видовое разнообразие фитопланктона отмечено осенью 2015 г. (99 таксонов). На протяжении вегетационного сезона 2015 г. выявлено два (летний и осенний) и в 2016 г. три (весенний и два летних) пика численности в развитии фитопланктона. По биомассе в 2015 г. наблюдается два максимума – весенний и осенний. В течение 2016 г. – три максимума в развитии биомассы: весенний, летний и осенний. Проанализированы данные по изменению содержания нитритного и аммонийного азота, фосфатов, общего железа, растворенного кислорода в водах пруда. Рассмотрены основные тенденции изменения данных гидрохимических показателей в зависимости от разных факторов. В течение двух лет исследования в динамике развития фитопланктона наблюдается ведущая роль нитчатых цианопрокариот, продуцирующих гепато- и нейротоксины, что может быть опасно для человека и животных.

фитопланктон, численность, биомасса, пруд Пелавский, растворенный кислород, биогены, сезонная динамика

The article presents results of phytoplankton study and some results of hydrochemical monitoring of the Pelavsky Pond ecosystem during the growing seasons 2015-2016. The data was collected during environmental monitoring carried out at four standard stations from May to October. Information on seasonal variability of species diversity, quantitative characteristics (abundance and biomass) has been obtained. Three phyla of algae that are the basis of the taxonomic composition of the pond have been identified and their shares in abundance and biomass of the phytocoenosis of the reser-

voir have been determined. For each season, the dominant species in abundance and biomass have been identified. Two hundred and two taxa of algae belonging to eight phyla have been discovered in the waters of the pond. The largest species diversity of phytoplankton was observed in autumn 2015 (99 taxa). There were two peaks in phytoplankton development during the growing season of 2015 and three peaks in 2016. In 2015, there were two maxima of biomass – in spring and in autumn. During 2016, there were three maxima in the development of biomass: in spring, in summer and in autumn. The data on the change in the content of nitrite and ammonium nitrogen, phosphates, total iron, dissolved oxygen in the pond waters have been analyzed. The main trends in the change of these hydrochemical parameters have been considered depending on various factors. Within two years of the research, the leading role of filamentous cyanoprokaryotes in the number of phytoplankton was observed, which can be dangerous for humans and animals.

phytoplankton, abundance, biomass, the Pelavsky pond, dissolved oxygen, biogenes, seasonal dynamics

ВВЕДЕНИЕ

Пруд Пелавский располагается в юго-западной части г. Калининграда, вдоль Балтийского шоссе. История его образования неизвестна, в современности водоем используется в рекреационных целях.

Пруд Пелавский является одним из водоемов (в 2015 г. их было четыре, а в 2016 г. всего три) г. Калининграда, где купание официально разрешено. Как ранее нами упоминалось [1], в нем наблюдается сильное и раннее цветение, что снижает рекреационную и эстетическую ценность пруда и может сделать купание в нем не безопасным. Массовыми объектами цветения являются цианопрокароты, они активно выделяют токсины, вызывающие раздражение кожи, слизистой глаз, носа и др.

Пруд Пелавский имеет округлую форму: его длина 330, ширина – 150, средняя глубина – 5,6 м, площадь водной поверхности приблизительно 5 га [2]. В питании пруда принимают участие преимущественно атмосферные воды, в период межени – подземные.

Официально водоем используется в настоящее время только в рекреационных целях: это популярное место отдыха среди горожан летом, зимой городские власти подготавливают площадку для крещенских купаний, в любое время года на берегах можно встретить рыболовов-любителей.

Цель работы – изучение фитопланктона и гидрохимических факторов пр. Пелавского в вегетационные периоды 2015-2016 гг. Задачей работы являлось исследование сезонной изменчивости видового разнообразия, численности и биомассы фитопланктона **на фоне сезонного хода некоторых гидрохимических параметров, оказывающих влияние на процессы фотосинтеза и интенсивность развития альгофлоры пруда.**

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом для исследования послужили пробы фитопланктона и результаты гидрохимического анализа проб воды, собранных с мая по октябрь 2015-2016 гг. в период максимального роста и развития альгофлоры; отбор проб

проводился в утренние часы. Для осуществления мониторинга на водоеме были организованы три поверхностные станции отбора проб. Первая станция расположена на южной части пруда, примерно в 30 м от нее находится огороженная территория животноводческого комплекса ООО «Откормочное», близ станции проходит Калининградский отводной канал. Вторая – восточная станция – используется для любительского рыболовства на удочку, на расстоянии 40 м от берега было обнаружено скопление мусора, сохранявшееся в течение нескольких месяцев. Третья – у северного берега, используемого для отдыха и купания. С октября 2015 г. после отмеченного исследователями изменения ландшафта в западной части пруда добавили четвертую станцию, у точки отбора проб находится кафе [2].

Отбор, фиксирование и концентрирование проб фитопланктона, а также подсчет численности и биомассы проводили по стандартным гидробиологическим методикам [3, 4]. Гидрохимический анализ проб осуществляли объемным и колориметрическим методами [5, 6]. Данные, представленные в результатах, осреднены по станциям.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе обработки проб фитопланктона пр. Пелавского выявлено 202 таксона водорослей из восьми отделов. Распределение таксономического состава было следующим: *Chlorophyta* – 95 таксонов (47,0 %), *Bacillariophyta* – 37 (18,3 %), *Cyanoprokaryota* – 26 (12,9 %), *Streptophyta* – 18 (8,9 %), *Euglenophyta* – 11 (5,4 %), *Dinophyta* – 8 (4,0 %), *Cryptophyta* – 4 (2,0 %) и *Chrysophyta* – 2 (1,0 %).

Динамика видового разнообразия альгофлоры водоема представлена на рис. 1. Максимальное количество видов отмечалось в октябре 2015 г. – 99 таксонов, минимальное – 38 – в мае 2015 г. (суммарно по всем станциям).

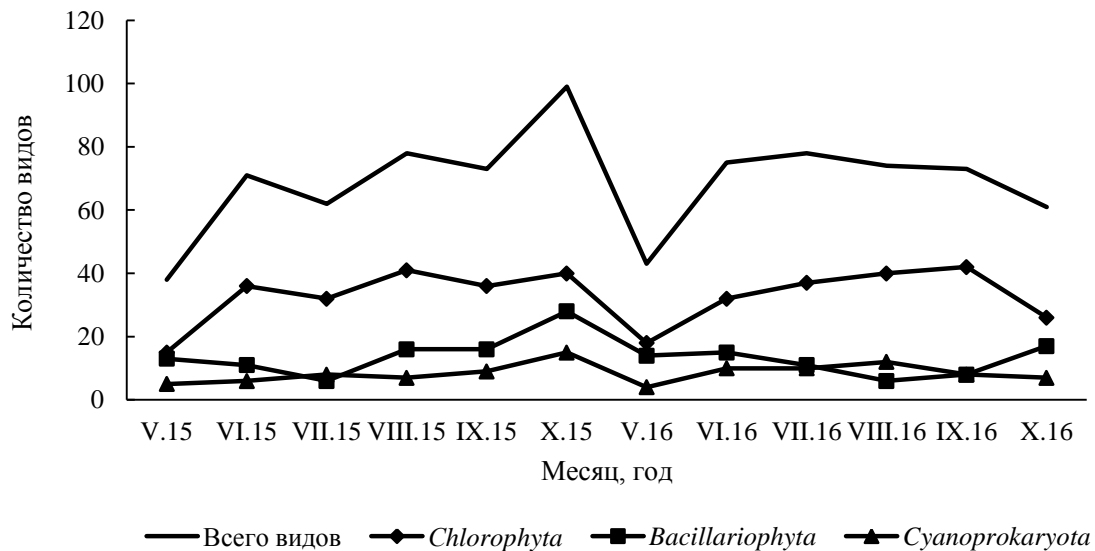


Рис. 1. Сезонная и межгодовая динамика видового разнообразия, количество видов

Fig. 1. Seasonal and interannual dynamics of species diversity, number of species

В течение вегетационных сезонов 2015-2016 гг. отмечались существенные различия в сезонной изменчивости количественных показателей фитопланктона.

Численность фитопланктона в мае 2016 г. была выше, чем в мае 2015 г. (рис. 2; табл. 1). В этот период в 2015 г. интенсивно развивались водоросли отдела *Cryptophyta* до 70 % – доминировал *Komma caudata* (L. Geitler) D. R. A. Hill (рис. 3). В 2016 г. – представители отдела *Chlorophyta*, численность которых в среднем по станциям достигала более 70 % (рис. 3). Летом наблюдалось большее развитие альгофлоры пруда в 2015 г. В этот сезон отмечалось сильное развитие цианопрокариот, составляющих в среднем 70-75 % в оба года. В ряду доминантов в 2015 г. можно выделить следующие виды: *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek (июль 2015 г.) и *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek & Hindák (август 2016 г.) и представителей рода *Microcystis*, а в 2016 г. – *Merismopedia tenuissima* Lemmermann и также представители рода *Microcystis*.

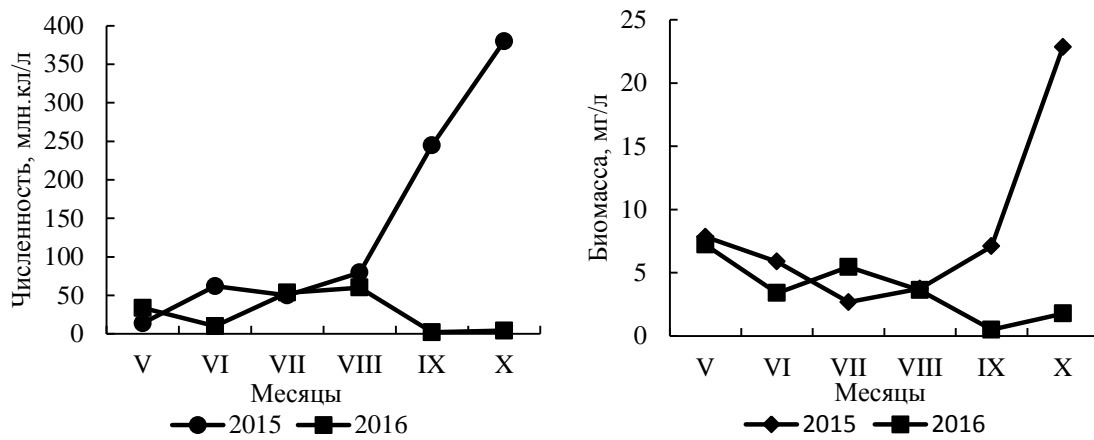


Рис. 2. Динамика численности и биомассы фитопланктона
Fig. 2. Total number and biomass of phytoplankton

Второе место по численности занимали зеленые водоросли – около 18 % в среднем по станциям в оба года, третье – диатомовые (в среднем 2 и 9 % в 2015 и 2016 г. соответственно). Из отдела зеленых важно отметить *Tetrastrum triangulare* (Chodat) Komárek, *Oocystis borgei* J. W. Snow, *Pandorina morum* (O. F. Müller) Vory и представителей рода *Micractinium*. Осенью наблюдалась такая же ситуация, как и летом: численность фитопланктона в сентябре-октябре 2015 г. во много раз превышает таковую в 2016 г., достигая максимума за весь период исследования в октябре – более 370 млн.кл/л в среднем по станциям. В этот сезон в 2015 г. цианопрокариоты достигали в среднем 97 % (доминирующий вид – *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek), а в 2016 г. только 47 % (*Oscillatoria sp.*), зеленые – 24 % (*Coelastrum sp.*, *Ankistrodesmus bernardii* Komárek), диатомовые – 19 % (*Fragillaria sp.*).

Картина межгодовой динамики биомассы выглядит следующим образом (рис. 2; табл. 1). Средние показатели весны и лета различались незначительно. В период весны доминирующим по биомассе отделом, занимающим около 75 % в оба года, стал отдел *Streptophyta*. На долю биомассы диатомовых водорослей приходилось не более 34 % соответственно от общей биомассы в этот период. В июне 2015 г. наблюдались большие показатели биомассы крупноклеточных стрептофитовых водорослей рода *Spirogyra* и *Closterium* – около 70 %, а в 2016 г. по 44 %

диатомовые и стрептофитовые. В июле 2015 г. до 60 % развивалась биомасса диатомовых. В августе 2015 г. до 44 % увеличилась биомасса динофитовых (доминирующий по биомассе вид – *Ceratium hirundinella* (O. F. Müller) Dujardin). В 2016 г. в июле – 42 % стрептофитовые и в августе 33 % динофитовые и по 26 % зеленые и цианопрокариоты. Показатели биомассы осенью 2015 г., как и численности, во много раз превышали её значения в 2016 г., достигая максимума в октябре 2015 г. – более 22 мг/л в среднем по станциям. В 2015 г. максимально представлены цианопрокариоты рода *Planktothrix* (в среднем около 54,3 %), диатомовые (32,8 %) и стрептофитовые (6,9 %). Что касается 2016 г., здесь были представлены биомассы видов отделов диатомовых (в среднем 32,4 %), криптофитовых (26 %) и зеленых (19,6 %) водорослей. Доминирующими видами являлись *Synedra sp.*, *Cryptomonas ovata* Ehrenberg.

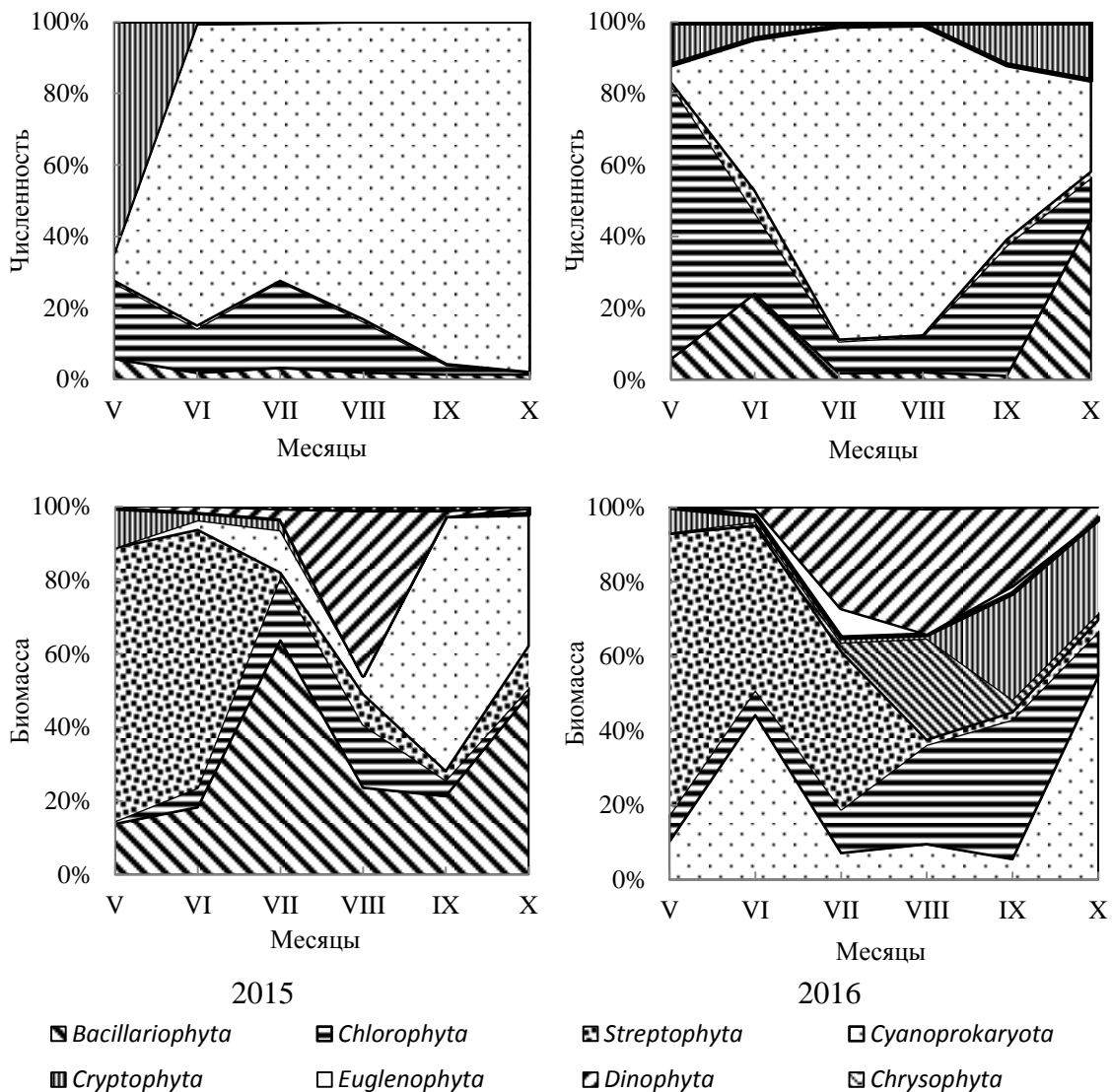


Рис. 3. Доля, %, основных отделов водорослей в динамике общей численности и общей биомассы

Fig. 3. Percentage of basic phyla of algae in the dynamics of total and total biomass

Таблица 1. Сезонная изменчивость фитопланктона пруда Пелавского, 2015-2016 гг.
 Table 1. Seasonal variability of phytoplankton in the Pelavsky pond, 2015-2016

Сезон, год	Суммарный фитопланктон		Ви- довое раз- нооб- разие	Доля (%) основных групп						Доминирующий комплекс		
	<i>N</i> 10 ⁶ кл/л	<i>B</i> мг/л		По <i>N</i>			По <i>B</i>					
				A	B	C	A	B	C	<i>N</i>	<i>B</i>	
2015	поздняя весна	<u>13.7</u> 9,7-16,1	<u>7.8</u> 1,1-17,7	<u>19</u> 14-28	<u>64.5</u> 41,0-91,7	<u>10.1</u> 6,9-15,7	<u>2.9</u> 0,0-8,5	<u>2.0</u> 0,5-5	<u>21.9</u> 1,4-35,1	<u>0.1</u> 0,0-0,1	<i>Komma caudata</i> <i>Monoraphidium contortum</i> <i>Monoraphidium arcuatum</i>	<i>Spirogyra sp.</i> <i>Mougetia sp.</i>
	лето	<u>63.8</u> 14,2- 172,4	<u>4.1</u> 0,6-8,1	<u>39</u> 32-47	<u>21.1</u> 2,4-52,0	<u>3.6</u> 0,7-7,7	<u>22.7</u> 0,2-49,4	<u>14.6</u> 4,4-33,3	<u>37.9</u> 6,5-68,9	<u>7.2</u> 1,8-14,9	<i>Microcystis sp.</i> <i>Planktothrix sp.</i> <i>Merismopedia tenuissima</i>	<i>Cyclotella sp.</i> <i>Spirogyra sp.</i> <i>Mougetia sp.</i> <i>Ceracium hirundinella</i>
	ранняя осень	<u>321.9</u> 197,9- 516,4	<u>16.1</u> 5,4-27,9	<u>43</u> 28-58	<u>2.2</u> 1,5-3,0	<u>1.1</u> 0,3-2,1	<u>81.8</u> 58,1-94,8	<u>3.4</u> 0,9-5,6	<u>32.8</u> 10,7- 79,4	<u>54.3</u> 16,6- 76,2	<i>Planktothrix agardii</i> <i>Microcystis sp.</i> <i>Snowella lacustris</i>	<i>Planktothrix agardii</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Synedra ulna</i> <i>Closterium moniliferum</i>
2016	поздняя весна	<u>33.7</u> 11,5-58,8	<u>7.2</u> 27-12,3	<u>21</u> 19-22	<u>70.2</u> 25,4-93,4	<u>7.6</u> 1,6-14,9	<u>6.1</u> 0,1-12,3	<u>10.0</u> 0,8-23,3	<u>17.3</u> 2,5-45	<u>0.5</u> 0,0-1,4	<i>Ankistrodesmus bernardii</i> <i>Komma caudata</i> <i>Monoraphidium circinale</i>	<i>Spirogyra sp.</i> <i>Ankistrodesmus bernardii</i> <i>Komma caudata</i> <i>Cyclotella sp.</i>
	лето	<u>41.1</u> 5,9-77,3	<u>4.2</u> 1,4-7.0	<u>38</u> 29-40	<u>22.9</u> 2,4-91,6	<u>5.3</u> 0,6-14,6	<u>7.8</u> 0,9-28,4	<u>13.1</u> 2,2-49,8	<u>21.1</u> 3,6-60,4	<u>11.5</u> 0,4-57,2	<i>Microcystis sp.</i> <i>Snowella lacustris</i> <i>Merismopedia tenuissima</i>	<i>Ceracium hirundinella</i> <i>Peridinium sp.</i> <i>Mougetia sp.</i> <i>Cyclotella sp.</i>
	ранняя осень	<u>3.1</u> 1,4-7,6	<u>1.1</u> 0,2-2,9	<u>33</u> 27-48	<u>31.5</u> 3,0-71,2	<u>3.9</u> 0,0-24,4	<u>9.7</u> 0,2-55,5	<u>19.6</u> 5,1-64,8	<u>32.4</u> 1,0-81,2	<u>5.8</u> 0,4-35,9	<i>Fragillaria sp.</i> <i>Oscillatoria sp.</i> <i>Merismopedia tenuissima</i>	<i>Cryptomonas ovata</i> <i>Synedra sp.</i>

Примечания: над чертой – среднее, под чертой – предел; *N* – численность, *B* – биомасса, *A* – *Chlorophyta*, *B* – *Bacillariophyta*, *C* – *Cyanoprokaryota*

Нормирование исследованных гидрохимических показателей Санитарными правилами и нормами «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» (СанПиН 2.1.5.980-00) для рекреационного водопользования не предусмотрено, однако именно содержание биогенных веществ, в первую очередь соединений азота и фосфора, а также устойчивая стратификация прогретых вод летом благоприятствуют массовому размножению фитопланктона. Последний, в свою очередь, активно потребляет растворенный в воде кислород при разложении, ухудшая тем самым газовые условия в пруду для других гидробионтов. Общая характеристика сезонной динамики гидрохимических показателей приведена в табл. 2.

Концентрация растворенного кислорода в воде пруда в течение большей части рассматриваемого периода довольно высокая (рис. 4, а), достигала максимума в начале вегетационного периода (почти 10 мг/л в мае 2015 г., июне 2016 г.) и к концу существенно уменьшилась, особенно в октябре 2016 г. (до 4 мг/л и ниже на отдельных станциях – минимальное значение содержания растворенного кислорода в воде в любой период года [7]). В 2016 г. уже с марта на водоеме отмечалось обильное цветение воды в его западной части. Вероятно, последовавшая за этим бурная деструкция отмирающей органики привела к формированию кислорододефицитных условий даже на поверхности водоема в течение всего вегетационного периода, вплоть до 40-30 % осенью.

Содержание фосфора фосфатов подвержено значительным сезонным колебаниям, поскольку оно зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ.

Динамика содержания фосфатов в поверхностном слое вод пруда носила довольно выраженный характер, складывающийся под влиянием сезонности вегетативных процессов и гидрологических факторов, особенно в 2016 г. (рис. 4, б). Минимальное содержание фосфатов (вплоть до практически полного исчезновения с мая по июль – обнаруживались на уровне «следы») отмечено в весенне-летний период, когда происходит их интенсивное расхождение в процессе фотосинтеза. В конце вегетационного периода, в октябре, наблюдался резкий пик, когда концентрация минерального фосфора быстро возрастала в 7-9 раз в связи с минерализацией органического вещества и конвективным перемешиванием.

Железо, которое является биологически активным элементом, в некоторой степени влияет на интенсивность развития фитопланктона в водоеме. Его концентрация в водах пруда повышена, что объясняется геологическим строением, гидрологическими условиями бассейна, рядом физико-химических и биохимических факторов для водоемов Калининградской области, особенно небольших, в водном питании которых значительна доля грунтовых вод, в целом характерно довольно высокое содержание ионов железа. Сезонные изменения содержания общего железа в течение вегетационного периодов 2015-2016 гг. очень схожи, с учетом более раннего протекания всех процессов в 2016 г. – сдвиг примерно на месяц (рис. 4, в), а причиной весьма высоких значений в сентябре 2015 и 2016 гг. могла послужить межень (месячное количество осадков в 2-2,5 раза меньше нормы).

Таблица 2. Сезонная изменчивость гидрохимических показателей пруда Пелавского, 2015-2016 гг.
 Table 1. Seasonal variability of hydrochemical parameters in the Pelavsky pond, 2015-2016

Сезон, год		Гидрохимический показатель							
		растворенный кислород		перманганатная окисляемость, $мгО/л^3$	рН	фосфор фосфатов, $мгР/л$	железо общее, $мгFe/л$	азот аммо- нийный, $мгN/л$	азот нит- ритный, $мг/л$
		$мг/л$	%						
2015	Поздняя весна	<u>6,32</u> 6,04-6,61	<u>63,8</u> 59,8-67,90	<u>5,21</u> 4,19-5,79	<u>8,40</u> 8,40	<u>0,02</u> 0,01-0,03	<u>0,24</u> 0,22-0,27	<u>0,74</u> 0,70-0,79	<u>0,01</u> 0,01
	Лето	<u>9,04</u> 8,14-10,20	<u>99,62</u> 88,57- 110,00	<u>7,04</u> 5,12-11,41	<u>8,28</u> 8,00-8,40	<u>0,04</u> 0,01-0,10	<u>0,11</u> 0,02-0,17	<u>1,51</u> 0,20-2,59	<u>0,01</u> 0,00-0,01
	Осень	<u>7,66</u> 5,41-9,51	<u>72,37</u> 48,73-85,72	<u>5,99</u> 4,72-8,77	<u>7,95</u> 7,90-8,00	<u>0,11</u> 0,02-0,21	<u>0,25</u> 0,12 -0,48	<u>3,62</u> 1,94-5,94	<u>0,01</u> 0,00-0,02
2016	Весна	<u>9,90</u> 9,48-10,24	<u>96,75</u> 93,50- 100,81	<u>9,23</u> 6,74-11,15	–	<u>0,00</u> 0,00	<u>0,05</u> 0,03-0,08	<u>2,02</u> 1,25-3,12	<u>0,00</u> 0,00
	Лето	<u>7,62</u> 6,17-9,19	<u>87,38</u> 71,31- 101,00	<u>6,50</u> 4,81-9,78	<u>8,16</u> 8,10-8,20	<u>0,01</u> 0,00-0,02	<u>0,20</u> 0,02-0,68	<u>1,52</u> 0,22-3,93	<u>0,00</u> 0,01-0,02
	Осень	<u>4,86</u> 3,81-5,72	<u>44,74</u> 32,21-55,90	<u>5,84</u> 1,89-10,57	<u>7,63</u> 7,60-7,70	<u>0,09</u> 0,00-0,19	<u>0,10</u> 0,03-0,26	<u>1,33</u> 1,15-1,68	<u>0,00</u> 0,00

Примечания: над чертой – среднее, под чертой – предел; « – » – данные отсутствуют

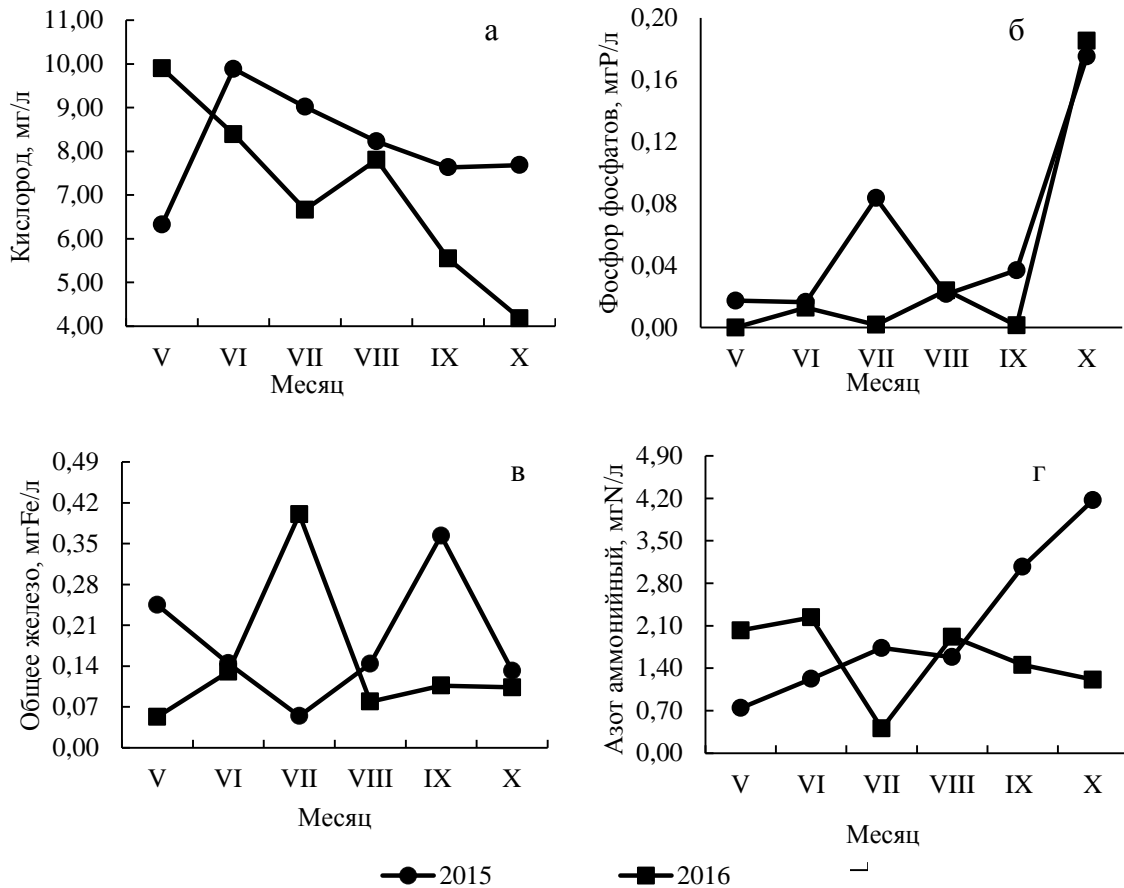


Рис. 4. Динамика основных гидрохимических показателей, вегетационный период 2015-2016 гг.

Fig. 4. Dynamics of the main hydrochemical parameters during the growing season in 2015-2016

Концентрация ионов аммония в пруду высокая, почти постоянно на уровне грязных и очень грязных водоемов. Повышенное содержание азота аммонийного обычно свидетельствует о свежем загрязнении сточными водами животноводческих и предприятий пищевой промышленности хозяйственно-бытовыми стоками. Животноводческий комплекс ООО «Откормочное», территория которого находится примерно в 30 м от южного берега пруда, уже был замечен в ряде правонарушений в сфере ветеринарии, складировании биоотходов на рельеф местности и в воды пр. Пелавского [8].

Аммонийный азот используется фитопланктоном первым из прочих соединений азота, его ассимиляция зависит от фотосинтеза. Поэтому в весенне-летние месяцы наблюдалось снижение содержания ионов аммония (рис. 4, г), а максимальные концентрации были отмечены в октябре 2015 г. (особенно в восточной части пруда), что связано с процессами минерализации органического вещества, образовавшегося в результате процесса фотосинтеза. При этом в 2016 г. сезонная изменчивость была выражена слабее, чем в 2015 г., и изменение содержания аммонийного азота наблюдалось в пределах 0,22-3,93 и 0,20-5,94 мгN/л соответственно.

Концентрация нитритов в поверхностных водах пруда составляла в течение основной части исследуемого периода тысячные, реже сотые доли миллиграмма в 1 л. Но повышение содержания нитритов осенью 2015 г. и летом 2016 г. может указывать на усиление процессов разложения органических веществ в условиях замедленного окисления нитритов, т. е. также свидетельствует о загрязнении пруда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал ведущую роль цианопрокариот в динамике развития фитопланктона пр. Пелавского на протяжении всего вегетационного сезона обоих лет. Отмечена большая роль криптофитовых в оба года, а в 2016 г. – кроме того зеленых и диатомовых. Динамика численности фитопланктона на протяжении 2015-2016 гг. характеризовалась двухвершинной кривой: в 2015 г. с максимумами в июне и в октябре, трехвершинной в 2016 г. в мае, июле и августе. Показатели численности осенью 2015 г. многократно превышали таковые в 2016 г. В формировании биомассы наблюдался вклад стрептофитовых, динофитовых, диатомовых и цианопрокариот. В 2016 г. было замечено повышение доли динофитовых в общей биомассе.

Следует отметить роль доминирующих по биомассе представителей стрептофитовых (*Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin) и нитчатых цианопрокариот (*Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek). Эти виды являются индикаторами гипертрофного состояния водоемов, возбудителями «цветения воды» [9]. При массовом развитии *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek продуцирует гепато- и нейротоксины, опасные для человека и животных. Развитие таких видов связано с увеличением содержания органического азота и является показателем антропогенного эвтрофирования [10]. В водах пруда часто наблюдаются повышенные концентрации многих биогенных элементов (особенно азота аммонийного) и сложные газовые условия с недосыщением и дефицитом кислорода как в начале, так и в конце вегетационного периода, что указывает на эвтрофирование водоема, связанное с антропогенным воздействием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бугранова, О. С. Динамика развития фитопланктона пруда Пелавского (г. Калининград) в вегетационные сезоны 2015-2016 гг. / О. С. Бугранова, Н. А. Цупикова, Е. А. Лозицкая // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: V Балтийский морской форум: Всерос. науч. конф.: труды. - Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», 2017. - С. 237-243.

2. Цупикова, Н. А. Влияние рекреационной нагрузки на экологическое состояние пруда Пелавского (г. Калининград) в 2016 г. / Н. А. Цупикова, Е. А. Лозицкая // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: VIII Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию рыбохоз. обр. на Камчатке (12-14 апреля.): материалы: в 2 ч. — Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. – Ч. II. – С. 139-143.

3. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – Москва: Наука, 1975. – 240 с.
4. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1983. – 318 с.
5. Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1970. – 443 с.
6. Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика: учеб. пособие / Т. А. Берникова [и др.]. – Москва: Колос, 2008. – 304 с.
7. Приказ Федерального агентства по рыболовству № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». 18 января 2010 г.
8. Калининградскую бойню подозревают в экологических нарушениях [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rosbalt.ru/kaliningrad/2015/10/15/1451305.html> (дата обращения 20.09.2017).
9. Трифонова, И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона / И. С. Трифонова. – Ленинград: Наука, 1990. – 183 с.
10. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 367 с.

REFERENCES

1. Bugranova O. S., Tsupikova N. A., Lozitskaya E. A. Dinamika razvitiya fitoplanktona pruda Pelavskogo (g. Kaliningrad) v vegetatsionnye sezony 2015-2016 gg [Development of phytoplankton in the Pelavsky pond (Kaliningrad) during the growing season in 2015-2016]. *Trudy V Baltiyskogo morskogo foruma. Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya "Vodnye bioresursy, akvakul'tura i ekologiya vodoemov"* [Proceedings of V International Baltic Maritime Forum. All-Russian Scientific Conference "Aquatic biological resources, aquaculture and ecology of waters"]. Kaliningrad, 2017, pp. 237-243.
2. Tsupikova N. A., Lozitskaya E. A. Vliyanie rekreatsionnoy nagruzki na ekologicheskoe sostoyanie pruda Pelavskogo (g. Kaliningrad) v 2016 g. [Influence of the recreational load on the ecological state of the Pelavsky pond (Kaliningrad) in 2016.] *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie: materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 75-letiyu rybokhozyaystvennogo obrazovaniya na Kamchatke* (12-14 aprelya). [Natural resources, their current state, conservation, industrial and application: proceedings of VIII All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of fish farming in Kamchatka]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2017, part II, pp. 139-143.
3. *Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov* [Methods of studying biogeocenoses of inland waters]. Moscow, Nauka, 1975, 240 p.
4. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy* [Guidance on methods for hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Pod red. Abakumova V. A. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1983, 318 p.

5. Alekin O. A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1970, 443 p.

6. Bernikova T. A. *Gidrologiya. Laboratornyy praktikum i uchebnaya praktika: ucheb. posobie* [Hydrology. Laboratory course and practical training: student's book]. Moscow, Kolos, 2008, 304 p.

7. Prikaz Federal'nogo agentstva po rybolovstvu № 20 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya» [Order of the Federal Agency for Fisheries no. 20 "On the approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the water bodies of commercial fishery importance"]. 18 yanvarya 2010 g.

8. Kaliningradskuyu boynyu podozrevayut v ekologicheskikh narusheniyakh [Kaliningrad slaughterhouse is suspected of environmental violations]. Available at: <http://www.rosbalt.ru/kaliningrad/2015/10/15/1451305.html> (Accessed 20 September 2017).

9. Trifonova I. S. *Ekologiya i suksessiya ozerogo fitoplanktona* [Ecology and succession of lake phytoplankton]. Leningrad, Nauka, 1990, 183 p.

10. *Vodorosli, vyzyvayushchie «tsvetenie» vodoemov Severo-Zapada Rossii* [Algae causing "blooming" of the waters of the Northwest Russia]. Moscow, Tovari-shchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2006, 367 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бугранова Олеся Сергеевна – Калининградский государственный технический университет; ведущий инженер кафедры «Ихтиология и экология»;
E-mail: olesya.bugranova@klgtu.ru

Bugranova Olesya Sergeyevna – Kaliningrad State Technical University;
Engineer of the Department of Ichthyology and Ecology;
E-mail: olesya.bugranova@klgtu.ru

Цупикова Надежда Александровна – Калининградский государственный технический университет; кандидат геолого-минералогических наук; доцент кафедры «Ихтиология и экология»; E-mail: tsoupikova@klgtu.ru

Tsupikova Nadezhda Aleksandrovna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Geological and Mineralogical Sciences; Associate Professor of the Department of Ichthyology and Ecology; E-mail: tsoupikova@klgtu.ru

Лозицкая Екатерина Александровна – Калининградский государственный технический университет; студентка кафедры «Ихтиология и экология»;
E-mail: L-cat@yandex.ru

Lozitskaya Ekaterina Aleksandrovna – Kaliningrad State Technical University;
Student of the Department of Ichthyology and Ecology; E-mail: L-cat@yandex.ru

УДК 504:338

БИОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ВОДОСБОРНЫЙ БАССЕЙН РЕКИ ПРЕГОЛИ
ОТ АНТРОПОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Ю. А. Горбунова, Б. В. Чубаренко, Д. А. Домнин

NUTRIENT LOAD ON THE PREGOLYA CATCHMENT AREA FROM
THE ANTHROPOGENIC SOURCES

Ju. A. Gorbunova, B. V. Chubarenko, D. A. Domnin

Река Преголя впадает в Вислинский (Калининградский) залив Балтийского моря, ее водосборный бассейн составляет 65 % водосборной площади залива, территория которого распределена между Россией и Польшей в примерно равных пропорциях. Поступление биогенных веществ с водосборной площади в большой степени определяет процессы эвтрофикации залива. Для оценки антропогенного поступления биогенных веществ на водосбор были использованы открытые данные государственной статистики (2011-2014 гг.). Обнаружено, что поступление азота от антропогенных источников на польской части территории в три раза выше, чем на российской. Это связано с тем, что сельское хозяйство в Польше значительно более развито. На российской части в результате экономического кризиса 1990-2000 гг. сельское хозяйство существенно сократилось, и сейчас фактически используется только 50 % пахотных угодий, что составляет существенный потенциал для интенсификации. В настоящее время наблюдается положительный тренд развития сельскохозяйственных показателей, которые согласно «Стратегии социально-экономического развития Калининградской области на долгосрочную перспективу до 2020 г.» предполагается существенно увеличить. Это создаст потенциальную возможность существенного увеличения поступления биогенных веществ с водосборной площади. В то же время, как показали расчеты, оснащение г. Калининграда современными очистными сооружениями, включающими модули химического удаления фосфора и денитрификации, позволяет снизить поступление биогенных веществ на 1400 т N/год и 290 т P/год.

сток биогенных веществ, фосфор, азот, водосборный бассейн, река Преголя, Вислинский залив

The catchment area of the Pregolya River is about 65% of the Vistula Lagoon drainage basin and it is occupied by Russia and Poland in approximately equal proportions. Nutrient load from the catchment area largely controls eutrophication processes of the lagoon ecosystem. Open statistical data (2011-2014) were used to evaluate the nutrient loads. It was found that the input of nitrogen from anthropogenic sources in the Polish part of the catchment area is three times higher than in the Russian part. The reason for this is that Polish territory is relatively more agriculturally developed. In the Kaliningrad region agriculture decreased in the 1990-2000's and now about 50% of ara-

ble lands are not used, which creates a great potential for development. Currently there is a positive trend of the agriculture development, and according to the "Strategy of socio-economic development of the Kaliningrad region until 2020" further improvement is expected. This creates a potential for significant increases of the nutrients load and eutrophication of the Vistula Lagoon. At the same time the calculations showed that provision of Kaliningrad city with modern waste treatment facilities will reduce the nutrient load by 1,400 tons N/year and 290 tons P/year.

nutrient load, phosphorus, nitrogen, the Pregolya River catchment area, the Vistula Lagoon

ВВЕДЕНИЕ

Река Преголя впадает в Вислинский залив Балтийского моря, ее водосборный бассейн составляет 65 % водосборной площади залива [1]. Существует ряд экспертных оценок количества биогенов, выносимых со стоком Преголи, согласно которым нагрузка по азоту составляет 3700-5100 т N/ год, по фосфору – 490-740 т P/ год [2-4]. Однако вклад отдельных типов источников в биогенную нагрузку изучен слабо. Знание величины антропогенной составляющей нагрузки очень важно как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения – для разработки мер по выполнению обязательств Российской Федерации согласно Хельсинской конвенции по снижению сброса биогенных веществ в Балтийское море. Оценка осложняется трансграничным положением водосборного бассейна р. Преголи, площадь которого приходится на долю Российской Федерации и Республики Польша примерно в равных частях – 49 и 51 и около 0,5 % находится в Литовской Республике. В разных национальных частях водосбора сложились различные системы хозяйствования и принятия управленческих решений, что существенно осложняет проведение оценок. Для получения достоверных результатов необходим единый методический подход.

Целью настоящей работы является оценка поступления биогенных веществ (азота и фосфора) на водосборный бассейн р. Преголи от основных антропогенных источников: населения, животноводства и птицеводства, растениеводства, при этом также учитывался их вынос с урожаем. Поступление и вынос биогенов от природных ландшафтов, из атмосферы, удержание водосбором и гидрографической сетью не входили в круг исследований.

Проведен анализ возможных изменений поступления биогенных веществ от антропогенных источников в зависимости от сценариев изменения хозяйственной деятельности на водосборе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Проведена оценка антропогенных источников поступления общего азота и общего фосфора на территорию водосборного бассейна р. Преголя. При выборе методики расчета поступления биогенов в первую очередь руководствовались универсальностью метода для разных национальных частей водосбора. Выполнена ревизия источников биогенной нагрузки антропогенного характера на водосборе. Данные были получены из архивов и электронных баз данных, а также публикаций территориального органа Федеральной службы государственной ста-

истики по Калининградской области и Статистического управления в Ольштыне [5-12].

Для расчета эмиссии биогенов от населения составлен полный перечень всех населенных пунктов и жителей (данные имеют географическую привязку). При расчете принималось поступление азота и фосфора соответственно 13,5 и 2,1 г/чел. сут. [13]. Степень изъятия биогенных веществ для очистных сооружений с биологической очисткой (без химической очистки и денитрификации) принята 17 % для азота, 25 % для фосфора, для очистных сооружений с химическим изъятием фосфора и блоком денитрификации – 70 % для азота, 98 % для фосфора. В коммунальных хозяйствах, не подключенных к канализации, степень убыли в сточных водах принята 13 для азота, 10 % для фосфора [13, 14].

При расчете поступления биогенных веществ от животноводства годовую нагрузку по азоту и фосфору определяли по данным суточного выхода и содержанию биогенных элементов в навозе, численности скота и птицы на животноводческих комплексах, птицефабриках, в частном секторе и фермерских хозяйствах, расположенных на водосборе. Принятая примерная суточная масса помета от одного животного: крупный рогатый скот (КРС) – 50 кг, свиньи – 5, овцы – 3, птица – 0,16 кг. Примерный химический состав навоза для азота и фосфора соответственно: КРС – 0,5; 0,2 %; свиньи – 0,6; 0,2; овцы – 0,8; 0,2; птица – 1,6; 1,3 %. Потери азота при накоплении принимались для КРС – 25, свиньи – 15, козы-овцы – 25, птица – 25 %. Потери азота при хранении органического удобрения принимались 30 % (для всех видов) [14]. Оценка поступления биогенных веществ от животноводства представляет большую сложность, так как в зависимости от методов утилизации отходов результат может различаться в несколько раз. В данном расчете биогенная нагрузка – это максимальное потенциально возможное значение нагрузки при условии полного использования всего навоза и помета, образовавшегося в пределах водосбора, в качестве удобрений для сельскохозяйственных угодий. Возможно, полученный результат является завышенным по отношению к действительности. Однако при отсутствии достоверной информации о биогенных потоках в пределах водосбора такое предположение представляется наиболее приемлемым для настоящей задачи. Аналогичный подход был применен А. А. Ершовой при оценке водосбора р. Невы [15].

Для оценки площади, фактически возделываемой под пашню, использована открытая информация на уровне районов [8]. При помощи имеющейся карты районирования водосборов Калининградской области [16] и в соответствии с занимаемой тем или иным административным районом площадью были рассчитаны площади пашен на этих подводосборах. Для расчета выноса биогенов с урожаем были использованы открытые статистические данные по сбору урожая сельскохозяйственных культур в Калининградской области [8]. Для основных возделываемых культур применялись следующие коэффициенты выноса азота и фосфора с урожаем: зерновые – 3,1 и 0,56 кг/ц, картофель – 0,5 и 0,08, рапс и масличные – 2,7 и 1,6 кг/ц соответственно [14].

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Водосборный бассейн р. Преголи расположен в районе с интенсивно развитым сельским хозяйством, в первую очередь – на территории Польши. Российская часть также в основном находится в сельской местности.

Крупные предприятия-загрязнители, такие как целлюлозно-бумажный комбинат, не работают с 2000-х гг. Сельское хозяйство, пришедшее в упадок в 1990-2000-х гг., в настоящее время несколько интенсифицируется. В политике руководства Калининградской области сельскохозяйственный сектор занимает одно из приоритетных направлений развития. Таким образом, основными источниками антропогенного поступления биогенных веществ на водосбор Преголи являются: население, животноводство и птицеводство, растениеводство. В самом устье расположен крупнейший город региона Калининград, основная масса сточных вод которого сбрасывается напрямую в Вислинский залив, минуя р. Преголю. Поэтому при расчетах антропогенной биогенной нагрузки на бассейн Преголи Калининград не учитывался, так как расчет для него проведен отдельно.

Население

В результате анализа было выявлено, что в водосборном бассейне р. Преголи на российской части проживает 660 тыс. чел., на польской – 330 тыс. чел. Однако большая часть населения российской части проживает в г. Калининграде (450 тыс. чел.).

Обеспеченность населения канализационными сетями на российской части в городах составляет порядка 90 %, в сельских населенных пунктах – 30, на польской части - в городах 97, сельских населенных пунктах – 43 %. Города на российской территории с биологической системой очистки: Гурьевск (50 % стоков), Краснознаменск (80 % стоков), Гусев (100 % стоков). Городские очистные сооружения на польской части, кроме г. Ольштына, представлены сооружениями биологической очистки (без химической очистки и денитрификации). В Ольштыне есть современные очистные сооружения с химическим изъятием фосфора и блоком денитрификации [9], [17].

Поступление общего азота и общего фосфора от точечных источников выпуска коммунально-бытовых вод и от рассредоточенных, т. е. коммунальных хозяйств, не подключенных к системе канализации, представлены в табл. 1.

Животноводство и птицеводство

На основании статистических данных и географических информационных систем (ГИС) водосбора р. Преголи оценено поголовье скота: численность крупного рогатого скота (КРС), свиней, овец и коз, птицы. Показатели в животноводстве выше на территории Варминьско-Мазурского воеводства по сравнению с территорией водосбора Калининградской области: по количеству крупного рогатого скота почти в три раза, свиней – в 1,3 раза. На российской части водосбора р. Преголи (в 2014 г.) основная часть поголовья животных, за исключением овец и коз, содержится в сельскохозяйственных предприятиях. Причем для поголовья крупного рогатого скота в структуре животноводческого хозяйства произошли значительные изменения. Ранее (2011 г.), доля хозяйств населения была практически равнозначна доле с сельскохозяйственных предприятий – 45 и 51 % соответственно. По количеству птицы поголовье на территории водосборного бассейна Калининградской области превышает почти в два раза таковую Варминьско-Мазурского воеводства. При этом в Калининградской области птица представлена практически исключительно курами, в Варминьско-Мазурском воеводстве почти половину составляют индейки. Поступления общего азота и общего фосфора от животноводства и птицеводства на территорию водосбора Преголи представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные компоненты антропогенной нагрузки по биогенным веществам в водосборном бассейне р. Преголи для условий 2014 г. (КО – Калининградская область; ВМВ – Вармино-Мазурское воеводство)

Table 1. Main components of the anthropogenic nutrient load in the Pregolya River catchment for 2014 (КО – Kaliningrad region; ВМВ – Warminsko-Mazurskie Voivodship)

Компоненты антропогенной нагрузки	Азот общий		Фосфор общий	
	КО	ВМВ	КО	ВМВ
	т/год	т/год	т/год	т/год
Население, подключенное к централизованной системе канализации*	640	1160	100	110
<i>Для всего водосборного бассейна</i>	1800		210	
Население, не подключенное к централизованной системе канализации	540	500	90	75
<i>Для всего водосборного бассейна</i>	1040		165	
Минеральные удобрения	6000	20000	900	4500
<i>Для всего водосборного бассейна</i>	26,000		5400	
Животноводство	3614	7939	1928	4430
<i>Для всего водосборного бассейна</i>	11554		6358	
Птицеводство	976	519	1133	602
<i>Для всего водосборного бассейна</i>	1495		1735	
Общее поступление биогенов от основных антропогенных источников	11770	30118	4151	9718
<i>Для всего водосборного бассейна</i>	41888		13868	
Изъятие биогенов с урожаем	8920	21315	4020	9585
<i>Для всего водосборного бассейна</i>	30235		13605	
Общее поступление биогенов от основных антропогенных источников с учетом изъятия с урожаем	2850	8803	131	133
<i>Для всего водосборного бассейна</i>	11653		263	

Примечание *Поступление от г. Калининграда не учитывается

Растениеводство

Оценка площадей пахотных земель Калининградской области составила особую трудность. Имеющиеся картографические материалы и схемы пространственного планирования территории области содержат информацию только о землях номинально приписанных к пахотным угодьям. В Калининградской области сложилась ситуация, при которой задействовано под посевные площади менее 50 % имеющихся пахотных угодий. Для оценки площади, фактически занятой под пашню, была использована единственно доступная открытая информация на уровне районов области [8]. Площадь пашен на территории водосбора Преголи в Варминско-Мазурском воеводстве практически в два раза превосходит площади Калининградской области. Применение минеральных удобрений в Варминско-Мазурском воеводстве в среднем 65,2 кгN/га и 14,6 кгP/га сельскохозяйственных земель [10], в Калининградской области – 18 кгN/га и 2,7 кгP/га сельскохозяйственных земель [8]. Поступление биогенных веществ с минеральными удобрениями на водосбор Преголи представлены в табл. 1.

В биогенном балансе помимо антропогенного привнесения биогенов на территорию водосбора очень важным фактором является их изъятие с урожаем. Рассчитанный вынос азота и фосфора с урожаем представлен в табл. 1.

Таким образом, наиболее значимыми антропогенными источниками поступления биогенных веществ являются минеральные удобрения и продукты животноводства, а для общего фосфора в Калининградской области – продукты птицеводства.

Возможные сценарии изменения хозяйственной деятельности в водосборном бассейне р. Преголи и последствия их реализации для биогенного пресса на водосбор

Для оценки возможных изменений антропогенного пресса в результате меняющейся хозяйственной деятельности на водосборе р. Преголи были сформулированы два сценария.

Сценарий Business as usual (BU) - сохранение существующих тенденций хозяйственного развития. Для его формулирования были проанализированы тренды изменений основных сельскохозяйственных показателей (поголовье сельскохозяйственных животных, площадь пашен) и численности населения за последние пять лет (2010-2014 гг.) отдельно для российской и польской частей водосбора (табл. 2).

Сценарий Documented plans (DP) – официальные планы хозяйственного развития регионального правительства. Развитие Калининградской области регламентируется «Стратегией социально-экономического развития Калининградской области на долгосрочную перспективу», Варминьско-Мазурского воеводства – «Стратегией социально-экономического развития Варминьско-Мазурского воеводства до 2020 г.» (Strategia Rozwoju Społeczno – Gospodarczego Województwa Warmińsko – Mazurskiego do roku 2020) [9], а также в большой степени зависит от реализации программы Европейского Союза «Развитие Восточной Польши в период 2014-2020 гг.» [18-20].

В случае реализации сценария ВАУ (развитие в соответствии с имеющимися трендами) суммарная нагрузка от антропогенных источников увеличится на 997 тN/год и 356 тP/год, т. е. на 2,5 % (табл. 3). В случае реализации амбициозных планов правительства области в соответствии со «Стратегией экономического развития Калининградской области до 2020г.» (сценарий DF) ожидается увеличение биогенной нагрузки на 22760 тN/год и 9909 тP/год, т.е. общая нагрузка от антропогенных источников удвоится. Частичная компенсация возросшей нагрузки биогенов произойдет в результате их изъятия с урожаем (табл. 3). В данной оценке увеличение выноса с урожаем рассчитано в соответствии с увеличивающейся площадью посевов, без учета изменения продуктивности.

Таблица 2. Количественная оценка двух сценариев возможного хозяйственного развития территории водосборного бассейна р. Преголи, находящейся в Калининградской области (КО) и Варминьско-Мазурском воеводстве (ВМВ)

Table 2. Quantitative assessment of agricultural developments for two different scenarios in the Pregolya River catchment in the Kaliningrad region (KO) and Warminsko-Mazurskie Voivodship (BMB)

Показатель	Сценарий ВАУ		Сценарий ДФ	
	КО	ВМВ	КО	ВМВ
Пашни	+5%	0%	+70%	+3%
<i>Животноводство</i>				
Свиньи	+15%	0%	+950%	+5%
КРС	+15%	0%	+350%	+5%
Население	+25%	-6%	+70%	+3%

Таблица 3. Изменение основных компонентов антропогенной нагрузки по биогенным веществам (N - азот общий, P - фосфор общий) в водосборном бассейне р. Преголи при разных сценариях изменения хозяйственной деятельности

Table 3. Changes of the main components of the anthropogenic nutrient load in the Pregolya River catchment due to different socioeconomic scenarios

Компоненты антропогенной нагрузки	Сценарий ВАУ		Сценарий ДФ	
	N	P	N	P
	т/год	т/год	т/год	т/год
Население, подключенное к централизованной системе канализации*	+90	+18	+483	+73
Население, не подключенное к централизованной системе канализации	+105	+18	+393	+65
Минеральные удобрения	+300	+45	+4800	+765
Животноводство	+927	+357	+30761	+11414
Птицеводство	0	0	0	0
Общее поступление биогенов от основных антропогенных источников	+1423	+438	+36437	+12317
Изъятие биогенов с урожаем **	+446	+201	+6883	+3102
Общее поступление биогенов от основных антропогенных источников с учетом изъятия с урожаем	+977	+237	+29554	+9215

Примечание *Без учета поступления от г. Калининграда; ** увеличение выноса с урожаем рассчитано в соответствии с увеличивающейся площадью посевов, без учета изменения продуктивности.

Сточные воды г. Калининграда

До недавнего времени сточные воды г. Калининграда проходили только механическую очистку и через открытый канал, построенный еще в 1904 г., сбрасывались непосредственно в Вислинский залив [21]. При этом, по имеющимся оценкам, поступало порядка 1390-1400 тN/год и 240-400 тP/год [2, 3]. Согласно нашим расчетам, в соответствии с численностью населения – 1990 тN/год и 310 тP/год.

Строительство очистных сооружений для г. Калининград было начато в 1976 г. и не было закончено, возобновилось лишь в 2009 г. Завершение пуско-наладочных работ и официальный пуск состоялись в июне 2017 г. Схема работы очистных сооружений предусматривает полную биологическую очистку сточных вод с процессами денитрификации, дефосфатирования и их доочистку и соответствуют нормам, принятым Хельсинской комиссией [22]. Реализация проекта и выход на проектную мощность должны обеспечить уменьшение поступления биогенных веществ на 1400 тN/год и 290 тP/год.

Таким образом, результаты проведенной оценки составляющих антропогенного поступления биогенных веществ с водосборного бассейна р. Преголи при различных социально-экономических сценариях развития региона позволяют сопоставить их с требованиями Хельсинской комиссии и оценить потенциал снижения стока биогенов от основных источников их поступления, таких как сельское хозяйство и сточные воды.

ВЫВОДЫ

1. В настоящее время нагрузка на водосборный бассейн р. Преголи по биогенным веществам от основных антропогенных источников (население, животноводство, птицеводство, растениеводство) составляет 41888 тN/год и 13868 тP/год, а с учетом биогенов, выносимых с урожаем, соответственно 11653 тN/год и 263 тP/год (без учета поступления от г. Калининграда).

2. Поступление азота от антропогенных источников на территорию Варминско-Мазурского воеводства в три раза выше по сравнению с Калининградской областью и равно в случае общего фосфора.

3. Наиболее значимыми антропогенными источниками поступления биогенных веществ являются минеральные удобрения и продукты животноводства, а также (в случае поступления общего фосфора в Калининградской области) продукты птицеводства.

4. Рассмотрение двух возможных сценариев изменения хозяйственной деятельности на водосборе (сценарий ВАУ - развитие в соответствии с имеющимися трендами и сценарий DF – официальные планы правительства) показало, что в случае реализации сценария ВАУ суммарная нагрузка от антропогенных источников увеличится незначительно - на 2,5 %; в случае реализации сценария DF ожидается значительное увеличение биогенного пресса, так как общая нагрузка от антропогенных источников удвоится (без учета выноса биогенов с урожаем).

5. Как показали расчеты, оснащение г. Калининграда современными очистными сооружениями, включающими модули химического удаления фосфора и денитрификации, позволяет снизить поступление биогенных веществ на 1400 тN/год и 290 тP/год.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа проделана в рамках темы № 0149-2014-0017 государственного задания АО ИО РАН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Силич, М. В. Водный баланс залива / М. В. Силич // Гидрометеорологический режим Вислинского залива / под ред. Н. Н. Лазаренко, А. Маевского. - Ленинград: Гидрометеоздат, 1971. – С. 143-172.
2. Александров, С. В. Биогенная нагрузка на Вислинский залив со стоком реки Преголи / С. В. Александров, Ю. А. Горбунова // Вода: химия и экология. – 2010. – № 1. – С. 4-8.
3. Горбунова, Ю. А. Поступление биогенных веществ с водосборного бассейна реки Преголи в Вислинский залив / Ю. А. Горбунова // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. – 2010. – Вып. 1. – С. 87-93.
4. Зотов, С. И. Моделирование состояния геосистем: моногр. / С. И. Зотов. – Калининград: Изд-во КГУ, 2001. – 237 с.
5. Калининградская область и Варминьско-Мазурское воеводство в числе // Статистический сборник. – Ольштын: Полиграф. отд. стат. упр., 2015. – 40 с.
6. Сельские населённые пункты // Статистический сборник. – Калининград: Федеральная служба государственной статистики, 2014. – 256 с.
7. Сельское хозяйство Калининградской области // Статистический сборник. – Калининград: Федеральная служба гос. статистики, 2014. – 156 с.
8. Посевные площади и валовый сбор сельскохозяйственных культур в Калининградской области в 2014 г. // Статистический сборник. - Калининград: Федеральная служба государственной статистики, 2015. – 156 с.
9. Statistical Yearbook of Warmińsko-Mazurskie Voivodship 2014. Olsztyn: Statistical Office in Olsztyn, 2015 – 346 p.
10. Statistical Yearbook of Agriculture 2014. – Warszawa: Central Statistical Office, 2015. – 470 p.
11. Nutrient Loads to the Swedish Marine Environment in 2006 // Sweden's Report for HELCOM's Fifth Pollution Load Compilation. – Stockholm: Naturvardsverket, 2009 – 156p.
12. Liss, B. Quantification of nitrogen and phosphorus load from local on-site wastewaters treatment: degree dissertation/ - Uppsala: Universitet, 2003
13. What does domestic wastewater contain? // Swedish Environmental Protection Agency Report 4425. – Stockholm, 1995 – 170 p.
14. Методика расчета выноса биогенных веществ и оценка перспективного состояния загрязненности малых рек // Письмо Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 19.11.1999 N 331. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.12.2015)
15. Ершова, А. А. Комплексная оценка поступления биогенных веществ с водосбора реки Невы в восточную часть Финского залива: автореф.. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Ершова Александра Александровна; РГГМУ. – Санкт-Петербург, 2013. – 28 с.
16. Домнин, Д. А. Атлас речных трансграничных бассейнов Калининградской области / Д. А. Домнин, Б. В. Чубаренко. – Калининград: Тера Балтика, 2007. – 38 с.

17. Показатели работы канализационной сети Калининградской области в 2014 г. // Статистический сборник. - Калининград: Федеральная служба государственной статистики, 2015. – 156 с.

18. О Стратегии социально-экономического развития Калининградской области на долгосрочную перспективу // Постановление Губернатора Калининградской области от 02 августа 2012 года № 583. [Электронный ресурс]. –URL: <http://www.gov39.ru/> (дата обращения: 20.10.2014).

19. Strategia Rozwoju Społeczno – Gospodarczego Województwa Warmińsko – Mazurskiego do roku 2020 // Załącznik do Uchwały nr XXXIV 474 05 Sejmiku Województwa Warmińsko – Mazurskiego z dnia 31 sierpnia 2005 r. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.warmia.mazury.pl/> (дата обращения: 10.12.2014).

20. Program operacyjny Polska Wschodnia 2014-2020 (grudzień 2013) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mir.gov.pl/> (дата обращения: 10.12.2014)

21. Состояние окружающей среды и ее влияние на здоровье населения Калининградской области в 2007 г. // Статистический сборник. - Калининград: ЦИИУ Калининградстата, 2008. – 30 с.

22. HELCOM Baltic Sea Action Plan. Krakow, 2007. – 101 p.

REFERENCES

1. Silich, M.V. Vodnyj balans zaliva [Water balance of the lagoon] *Gidrometeorologicheskij rezhim Vislinskogo zaliva* [Hydrometeorological regime of the Vistula Lagoon]. Pod red. Lazarenko N.N., Maevskogo A., Leningrad, Gidrometeoizdat, 1971, pp. 143 – 172.

2. Aleksandrov S. V., Gorbunova J. A. Biogennaya nagruzka na Vislinskij zaliv so stokom reki Pregolya [Nutrient load on the Vistula Lagoon with the Pregolya River discharge]. *Voda: himiya i ehkologiya*, 2010, no. 1, pp. 4-8.

3. Gorbunova J. A. Postuplenie biogennyh veshchestv s vodosbornogo bassejna reki Pregoli v Vislinskij zaliv [The load of nutrients from the catchment area of the Pregolya River to the Vistula Lagoon]. *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta im. I. Kanta*, 2010, no.1, pp. 87-93.

4. Zotov S. I. *Modelirovanie sostoyaniya geosistem* [Modeling the state of geosystems]. Kaliningrad, Izdatel'stvo KGU, 2001, 237 p.

5. Kaliningradskaya oblast' i Varmin'sko-mazurskoe voevodstvo v chislakh. [The Kaliningrad region and Warmian-Mazurian voivodship in numbers]. *Statisticheskij sbornik*, Olsztyn, Poligraf. otd. Stat. upr., 2015, 40 p.

6. Sel'skie naselyonnye punkty [Rural human settlements]. *Statisticheskij sbornik*, Kaliningrad, Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki, 2014, 256 p.

7. *Sel'skoe hozyajstvo Kaliningradskoj oblasti* [Agriculture of the Kaliningrad region]. Statisticheskij sbornik, Kaliningrad, Fed. sluzhba gos. statistiki, 2014, 156 p.

8. *Posevnye ploshchadi i valovyj sbor sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Kaliningradskoj oblasti v 2014 g.* [Arable lands and gross harvest of agricultural crops in the Kaliningrad region in 2014]. Statisticheskij sbornik, Kaliningrad, Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki, 2015, 156 p.

9. Statistical Yearbook of Warmińsko-Mazurskie Voivodship 2014, Olsztyn, Statistical Office in Olsztyn, 2015, 346 p.

10. Statistical Yearbook of Agriculture 2014. Warszawa, Central Statistical Office, 2015, 470 p.
11. Nutrient Loads to the Swedish Marine Environment in 2006. Sweden's Report for HELCOM's Fifth Pollution Load Compilation. Stockholm, Naturvårdsverket, 2009, 156 p.
12. Liss B. Quantification of nitrogen and phosphorus load from local on-site wastewaters treatment: degree dissertation, Uppsala, Universitet, 2003.
13. What does domestic wastewater contain? Swedish Environmental Protection Agency Report 4425. Stockholm, 1995, 170 p.
14. *Metodika rascheta vynosa biogennyh veshchestv i ocenka perspektivnogo sostoyaniya zagryaznennosti malyh rek. Pis'mo Ministerstva prirodnyh resursov i ohrany okruzhayushchej sredy Respubliki Belarus' ot 19.11.1999 N 331* [Method for calculation of nutrient removal and assessment of the long-term state of contamination of small rivers. Letter of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus of 19.11.1999 N 331]. Available at: <http://www.consultant.ru/> (Accessed 25 December 2015).
15. Ershova A. A. *Kompleksnaya ocenka postupleniya biogennyh veshchestv s vodosbora reki Neva v vostochnuyu chast' Finskogo zaliva. Avtoreferat diss. kand. geogr. nauk* [Comprehensive assessment of nutrients from the Neva catchment in the eastern part of the Gulf of Finland. Abstract of dis. dr. sci.]. Saint-Petersburg, 2013, 28 p.
16. Domnin, D.A. Chubarenko B.V. *Atlas rechnyh transgranichnyh bassejnov Kaliningradskoj oblasti* [Atlas of river transboundary basins of the Kaliningrad region]. Kaliningrad, Tera Baltika, 2007, 38 p.
17. *Pokazateli raboty kanalizacionnoj seti Kaliningradskoj oblasti v 2014 g.* [Performance of the sewage network of the Kaliningrad region in 2014]. Statisticheskij sbornik, Kaliningrad, Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki, 2015, 156 p.
18. *O Strategii social'no-ehkonomicheskogo razvitiya Kaliningradskoj oblasti na dolgosrochnuyu perspektivu. Postanovlenie Gubernatora Kaliningradskoj oblasti ot 02 avgusta 2012 goda, № 583* [On the strategy of social and economic development of the Kaliningrad region for the long-term perspective. Resolution of the Governor of the Kaliningrad region of August 2, 2012, no. 583]. Available at: <http://www.gov39.ru/> (Accessed 20 October 2014).
19. Strategia Rozwoju Społeczno – Gospodarczego Województwa Warmińsko – Mazurskiego do roku 2020. Załącznik do Uchwały nr XXXIV 474 05 Sejmiku Województwa Warmińsko - Mazurskiego z dnia 31 sierpnia 2005 r. Available at: <http://www.warmia.mazury.pl/> (Accessed 10 December 2014).
20. Program operacyjny Polska Wschodnia 2014-2020 (grudzień 2013). Available at: <http://www.mir.gov.pl/> (Accessed 10 December 2014).
21. *Sostoyanie okruzhayushchej sredy i ee vliyanie na zdorov'e naseleniya Kaliningradskoj oblasti v 2007 g.* [The state of the environment and its impact on the health of the population of the Kaliningrad region in 2007]. Statisticheskij sbornik, Kaliningrad, CIU Kaliningradstata, 2008. 30 p.
22. HELCOM Baltic Sea Action Plan. Krakow, 2007, 101 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Горбунова Юлия Александровна – Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН; кандидат биологических наук, научный сотрудник;
E-mail: julia_gorbunova@mail.ru

Gorbunova Julia Alexanrovna – Atlantic Branch of P. P. Shirshov Institute of Oceanology RAS; PhD, Scientific researcher; E-mail: julia_gorbunova@mail.ru

Чубаренко Борис Валентинович – Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН; кандидат физико-математических наук; зав. лабораторией; E-mail: chuboris@mail.ru

Chubarenko Boris Valentinovich – Atlantic Branch of the P. P. Shirshov Institute of Oceanology RAS; PhD; head of the laboratory; E-mail: chuboris@mail.ru

Домнин Дмитрий Александрович – Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, научный сотрудник;
E-mail: dimanisha@rambler.ru

Domnin Dmitry Alexanrovich – Atlantic Branch of the P. P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Scientific researcher; E-mail: dimanisha@rambler.ru

УДК 594.124:591.134. 262.(5)

О ВЛИЯНИИ РАЗМЕРА ТЕЛА И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА УДЕЛЬНУЮ СКОРОСТЬ РОСТА АНАДАРЫ (*ANADARA INAEQUIVALVIS*, BRUGUIÈRE)

А. М. Жаворонкова, А. П. Золотницкий, Н. А. Сытник

ON THE INFLUENCE OF THE BODY SIZE AND WATER TEMPERATURE ON THE SPECIFIC GROWTH RATE OF THE ANADARA (*ANADARA INAEQUIVALVIS* BRUGUIÈRE, 1789)

A. M. Zhavoronkova, A. P. Zolotnitsky, N. A. Sytnik

Исследован линейный рост двустворчатого моллюска – анадары (*Anadara inaequalvis*), который в процессе аутоакклиматизации появился в Азово-Черноморском бассейне и образовал ряд самовоспроизводящихся популяций. Показано, что в течение двухлетнего выращивания изменение длины (L , мм) этого вида можно описать степенной функцией: $L_t = L_0 \cdot t^m$, где L_0 и L_t – соответственно, длина моллюска в начале роста и за время t (месяц), m – коэффициент регрессии, характеризующий изменение скорости роста во времени. Численные значения L_0 и m , соответственно, составляли 2,42 и 0,73. Вместе с тем показано, что теоретическая кривая весьма упрощенно передает особенности линейного роста анадары, не учитывая влияние изменений размера тела и сезонных колебаний температуры воды. Анализ изменений удельной скорости роста (k) выявил отрицательную зависимость этого показателя от длины моллюска и положительную связь с температурой воды. На основе имеющихся данных по выращиванию этого вида моллюска предложена математическая модель, в которой удельную скорость роста (k) можно представить в виде функции двух переменных - длины тела (L , мм) и температуры воды (T , °C). Следовательно, в численном виде значение k анадары можно представить уравнением множественной регрессии: $k = 0,677 - 0,608 \cdot \lg L + 0,173 \cdot \lg T$ ($R^2 = 0,865$). Предложенная модель достаточно хорошо описывает изменения удельной скорости роста исследованного вида в течение двухлетнего периода выращивания.

анадара, длина, удельная скорость роста, температура, математическая модель

The paper considers linear growth of the bivalve mollusk– anadara (*Anadara inaequalvis*), which has been introduced into the Azov and Black Seas and has formed self-reproducing populations. It was shown that during a two-year period of growing, length changes for this species can be described using a well-known equation: $L_t = L_0 \cdot t^m$, where L_0 and L_t , are the mollusk length at an early stage of growth and in a time t (month), m - regression coefficient, representative of the growth rate change over time. The values of L_0 and m were 2,42 and 0,73 respectively. At the same time it was shown that the theoretic curve can only primitively reveal the growth features of anadara without considering the impact of body size and seasonal variations in water

temperature. Analysis of the specific growth rate changes allowed us to educe a negative dependency of this value from the mollusk length and a positive relation of this parameter with water temperature. Based on the available data on cultivation of this mollusk, a mathematical model was proposed where the specific growth rate (k) can be shown as a two-variable function: body length (L , mm) and water temperature (T , °C). Therefore, the value of k can be represented by a multiple regression equation: $k = 0,677 - 0,608 \cdot \lg L + 0,173 \cdot \lg T$ ($R^2 = 0,865$). The proposed model can appropriately describe changes of the studied species during its two-year growing period.

anadara, length, water temperature, specific growth rate, mathematical model

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в Азово-Черноморском бассейне появился ряд стихийных вселенцев (аутоакклиматизантов), которые могут быть перспективными объектами марикультуры. К ним можно отнести представителя семейства арковых (*Arcidae*) – двустворчатого моллюска анадара (*Anadara inaequalis*, Bruguiere или *Anadara kagoshimensis* (Токунага, 1906), которую называют кровавой ракушкой, кунаркой или скафаркой [1-3]. Этот вид характерен для побережья морей Юго-Восточной Азии и широко распространен в Индийском и Тихом океанах [1, 4-7]. Представители этого семейства встречаются на Кубе, Фиджи, Филиппинах, в Колумбии, Индии, Индонезии, Японии, Корее, Малайзии, Мексике и других странах. В Китае, Японии, Малайзии, Таиланде арковые широко используются в качестве объекта марикультуры [5, 7, 8].

В 80-х гг. этот моллюск стал встречаться в донных биоценозах северо-западной части Черного моря, затем в юго-восточной, а потом обнаружен в Керченском проливе и в Азовском море [1, 3, 4, 8]. Анадара обычно встречается как субдоминирующий вид в биоценозах абры (*Abra ovata*), церастодермы (*Cerastoderma lamarcki*), гидробии (*Hydrobia salinasii*). В Черном море этот вид достигает 80 мм, в Азовском – 52-54 мм при массе до 46 г.

В результате исследований, проведенных в Азово-Черноморском бассейне, получены важные данные о биологии и экологии этого вида [2, 3, 5, 7, 9, 10 и др.]. В то же время многие вопросы, представляющие интерес для культивирования анадара, остались малоизученными. Один из них – изучение скорости роста моллюсков, которая является важнейшим компонентом энергетического баланса особей и популяций.

Скорость роста также является основной целевой функцией в аква- и маррикультуре и характеризует изменения функционального состояния этого вида под влиянием различных экологических факторов. Без анализа данного показателя невозможно достичь оптимизации условий выращивания гидробионтов на разных стадиях онтогенеза и добиться максимальной реализации биологических функций того или иного вида [8, 11].

В задачу исследования входило изучение скорости линейного роста анадара в зависимости от массы тела и температуры воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в 2014-2016 гг. в Керченском проливе. Для этого в мае 2014 г. было отобрано 40 экз. анадары размерной группы 5-10 мм (средней длиной 8,1 мм). Животных помещали в сетные садки и осуществляли выращивание этой группы на экспериментальной базе КГМТУ в Керченском заливе с мая 2014 по ноябрь 2016 г. в естественных условиях. Температура в это время варьировала в пределах от 2,1 до 25,7 °С, соленость колебалась в незначительных пределах - от 13,1 до 14,8 ‰. Кроме того, проводилось выращивание 90 экз. моллюсков разных размерных групп, которые были использованы для анализа аллометрии анадары, а также для анализа числа выживших и замены погибших моллюсков в процессе культивирования.

Для характеристики линейного роста анадары с интервалом 1,5-2 мес. проводили измерение длины раковины (L), высоты (H) и толщины (выпуклости – D) моллюсков с точностью 0,1 мм (в данной работе термины «размер тела» и «длина раковины» идентичны). Количество и размер элиминированных моллюсков фиксировали отдельно и вместо погибших животных вносили в садки особей такой же размерной группы, что и у погибших моллюсков. Кривую линейного роста анадары рассчитывали обычным степенным уравнением [8, 11, 12]:

$$L_t = L_0 \cdot t^m, \quad (1)$$

где L_0 и L_t – соответственно, теоретическая длина, равная нулю (в период рождения), и длина за время (t , месяц); m - коэффициент регрессии, характеризующий изменение скорости роста во времени. Кроме того, нами изучалась траектория удельной скорости роста моллюсков (k , мес.⁻¹) между двумя периодами отбора проб (t_1 и t_2), которую определяли по следующему уравнению [11, 12]:

$$k = \ln(L_2/L_1)/(t_2 - t_1), \quad (2)$$

где L_1 и L_2 - длина моллюска между двумя последовательными интервалами измерения размера (длины) анадары.

Статистическую обработку осуществляли с помощью компьютерных статистических программ «Statistica-10» и электронных таблиц «Excel-2007».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Размножение анадары в Черном море начинается в летний период при температуре воды 20 °С и выше. У побережья Северного Кавказа, созревание и вымет половых клеток у этого вида происходит в конце августа – начале сентября [3], тогда как у побережья Турции массовый нерест этого вида сдвигается на более ранние сроки: с июня по сентябрь [6, 7]. Затем начинается пелагический период жизни, заканчивающийся оседанием спата на субстрат. Таким образом, практически весь осенне-зимний и до середины весны период роста моллюска невысок. В связи с этим изучение роста мы смогли начать лишь в весеннее время, когда моллюски хорошо различимы на субстрате.

Изучение линейного роста анадары показало (рис. 1), что, как и для большинства видов двустворчатых моллюсков [2, 4, 11], кривую роста можно описать различными функциями – уравнениями Л. Бергаланфи, моделью Форда –

Уолфорда и др. Вместе с тем общую траекторию роста этого вида можно описать более простым уравнением - степенной функцией, имеющей следующий вид:

$$L_t = 2,42 \cdot t^{0,73}, R^2 = 0,92, \quad (3)$$

где L_t – соответственно длина моллюска за время t (месяц).

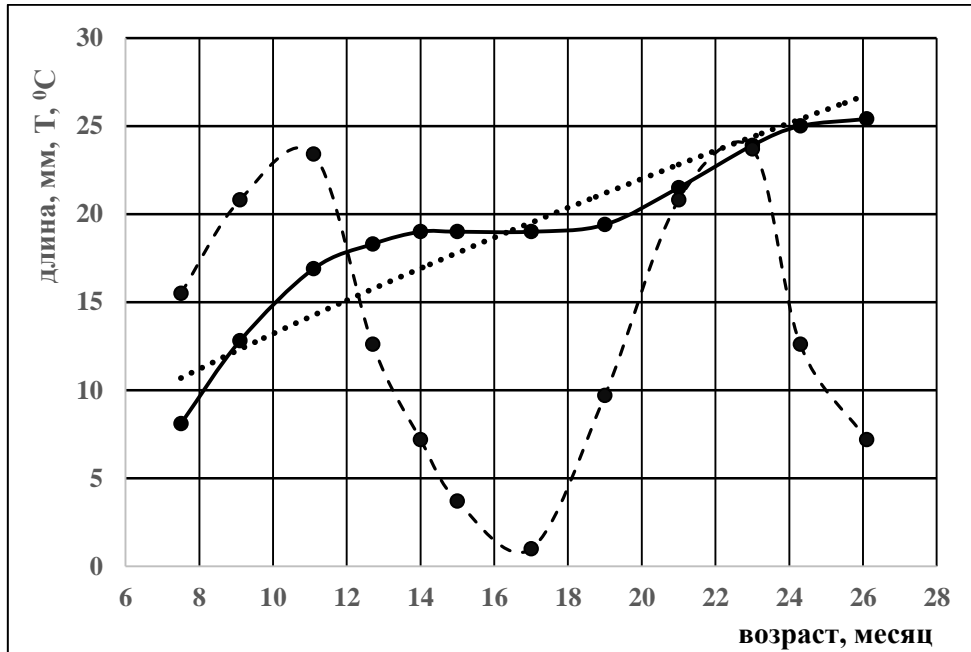


Рис. 1. Изменение кривой линейного роста анадары в процессе роста:
1 – эмпирические данные, 2 – теоретическая кривая по уравнению,
3 – температура воды

Fig. 1. Change in the curve of linear growth of anadara during growth
1 - empirical data, 2 - theoretical curve by the equation, 3 – water temperature

Между тем, как следует из рис. 1, теоретическая кривая весьма упрощенно передает особенности роста анадары. В частности, эмпирические данные свидетельствуют о характерных процессах ускорения, замедления и полной остановки роста моллюсков в различные сезоны года. Для изучения этих особенностей представлялось целесообразным исследовать изменения удельной скорости роста (k) от размера (длины) тела и температуры воды, поскольку они в значительной степени определяют скорость и траекторию роста водных животных [11, 12]. Анализ изменений удельной скорости роста в зависимости от длины моллюска показал, что в течение периода выращивания она существенно изменялась в разные годы. Из представленного рис. 2 видно, что с возрастанием длины моллюска удельная скорость роста (k) резко снижалась.

Аппроксимация с помощью степенной функции ($k = a \cdot L^b$) показала, что коэффициент регрессии (b) составлял величину, равную -3,68, при коэффициенте детерминации (R^2), равным 0,74. Таким образом, в процессе выращивания анадары наблюдается отчетливо выраженная тенденция к снижению удельной скорости роста по мере увеличения средней длины моллюска. Вместе с тем

известно, что важнейшим фактором, влияющим на различные физиологические процессы, является температура воды [8, 11, 12]. В связи с этим предстояло изучить влияние этого фактора на рост данного вида моллюска.

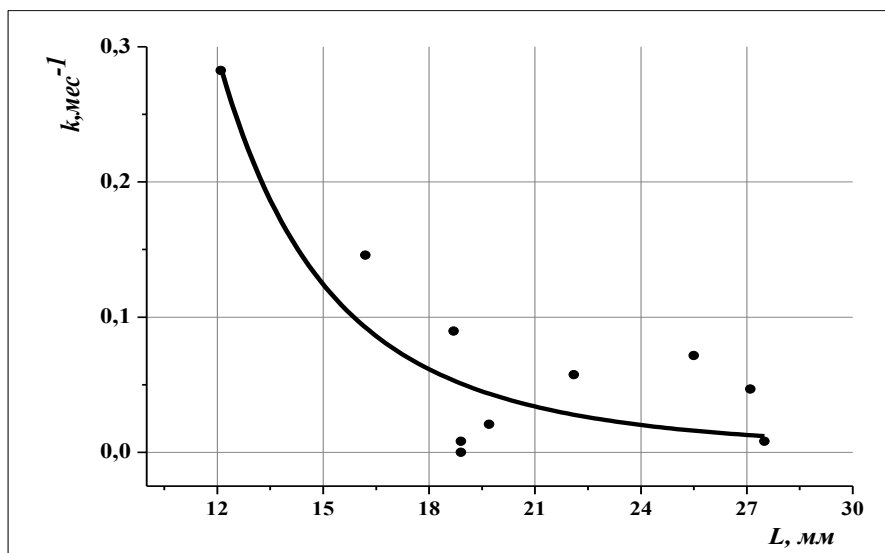


Рис. 2. Зависимость удельной скорости роста (k) от длины тела (L) анадары

Fig. 2. Dependence of the specific growth rate (k) on the body length (L) of anadara

На рис. 3 показаны данные по влиянию изменений температуры на удельную скорость роста.

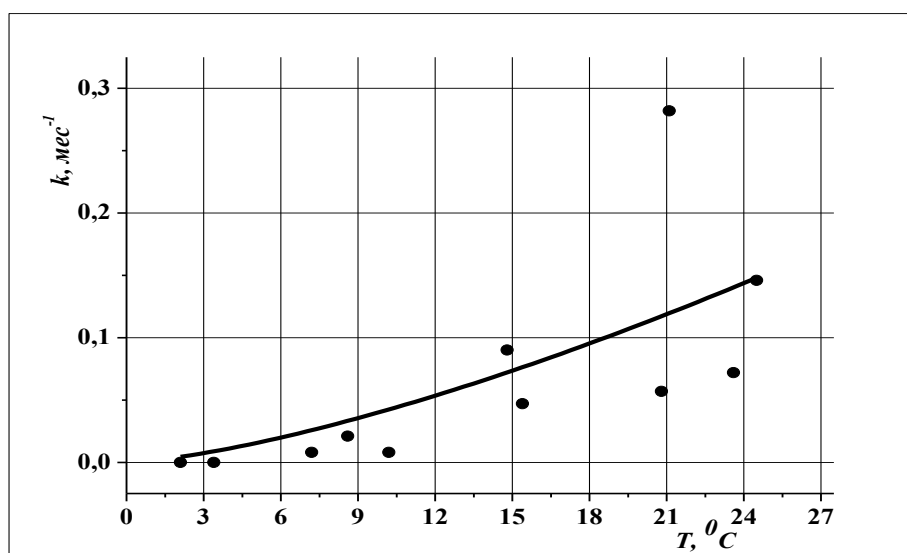


Рис. 3. Влияние температуры воды ($T, ^\circ C$) на удельную скорость роста (k) анадары

Fig. 3. Impact of water temperature ($T, ^\circ C$) on the specific growth rate (k) of anadara

Из рисунка видно, что удельная скорость роста (k) связана положительной связью с температурой воды ($T, ^\circ C$) и аппроксимируется степенной зависимостью. В численном виде эту зависимость можно описать уравнением:

$$k = 9,3 \cdot 10^{-4} \cdot T^{1,655}, R^2 = 0,42. \quad (4)$$

В связи с полученными данными мы попытались выразить величину удельной скорости роста в виде функции двух переменных - длины моллюска и температуры воды, т. е. использовать уравнение множественной регрессии. Однако поскольку указанные выше зависимости описываются нелинейными функциями, их необходимо перевести в линейную форму. После логарифмирования значений длины тела и температуры воды и последующей статистической обработки удельную скорость роста можно представить в виде (5) и рис. 4:

$$k = 0,677 - 0,608 \cdot \lg L + 0,173 \cdot \lg T (R^2 = 0,865) \quad (5)$$

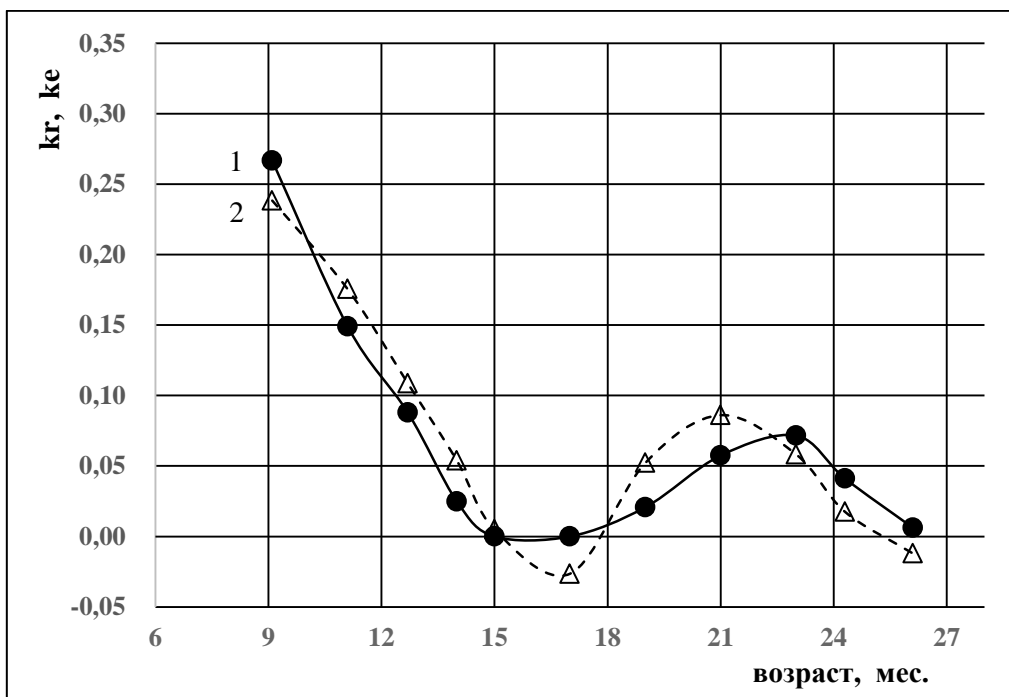


Рис. 4. Динамика удельной скорости роста (k) анадары в Керченском проливе на основе эмпирических (1) и теоретических (2) данных

Fig. 4. Dynamics of the specific growth rate (k) of anadara in the Kerch Strait based on the empirical (1) and theoretical (2) data

Таким образом, эмпирические данные на 86,5 % определяются предложенной математической моделью. Связь между экспериментальными материалами (k_e) и теоретическими данными (k_t) с высокой точностью описывается уравнением:

$$k_e = 0,002 + 0,97 \cdot k_t, R^2 = 0,862. \quad (6)$$

Сопоставление эмпирических данных с теоретически рассчитанными по формуле (5) показывает довольно хорошее их соответствие. Из уравнения (5)

также следует, что удельная скорость роста (k) в большей степени определяется изменением размера тела (коэффициент регрессии равен 0,608), тогда как температура воды характеризуется значительно меньшим вкладом в данный процесс (коэффициент регрессии равен 0,173).

О возможности использования этого показателя при оценке удельной скорости роста показали исследования, ранее проведенные на плоской и тихоокеанской устрице [13] и черноморской мидии [14]. Имеющиеся отклонения расчетных величин от экспериментальных значений k могут быть обусловлены влиянием других экологических факторов: трофическими условиями, изменением солёности, парциальным давлением кислорода и др., которые мы здесь не учитываем.

Следует также отметить, что при проведении продукционных исследований полученные материалы по изменению k анадары можно трансформировать в данные по абсолютной скорости роста (P_L) моллюсков. Используя ранее полученные данные [12], можно определить массу тела животного по длине тела:

$$W = 3,36 \times 10^{-4} \cdot L^{2,96 \pm 0,058}, r^2 = 0,982. \quad (7)$$

На основе этого уравнения и принимая во внимание, что абсолютная скорость роста $P = k \cdot W$, нетрудно найти скорость весового роста анадары.

Следовательно, на основе уравнения (5) можно определить кривую линейного и весового роста, а также охарактеризовать траты энергии на прирост массы тканей и раковины в онтогенезе данного вида моллюсков.

ВЫВОДЫ

1. Исследование линейного роста двустворчатого моллюска анадары в Керченском проливе показало, что его траектория описывается степенным уравнением: $L_t = 2,42 \cdot t^{0,73}$.

2. Обнаружено, что удельная скорость линейного роста (k) отрицательно связана с длиной тела (L , мм) моллюска и характеризуется положительной связью с температурой (T , °C) воды.

3. Предложена математическая модель, где удельную скорость роста (k) можно выразить в виде двух переменных – длины тела и температуры воды: $k = 0,677 - 0,608 \cdot \lg L + 0,173 \cdot \lg T$.

4. На основе полученных ранее данных определяется абсолютная скорость весового роста (P_w), представляющая интерес при анализе продуктивности и энергетического баланса анадары в Черном море.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Золотарев, В. Н. Двустворчатый моллюск *Cunearca cornea* – новый элемент фауны Черного моря / В. Н. Золотарев, П. Н. Золотарев // Докл. АН СССР. - 1987. – Т. 297, № 2. – С. 501 – 503.

2. Жаворонкова, А. М. Характеристика аллометрического роста двустворчатого моллюска анадары (*Anadara inaequalvis*) из Керченского пролива / А. М. Жаворонкова, А. П. Золотницкий // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – Симферополь, 2014. – Вып. 10 (29). – С. 128-134.

3. Чикина, М. В. Аспекты биологии размножения *Scapharca inaequalvis* (Bruguière) (*Bivalvia*, *Arcidae*) в Черном море / М. В. Чикина, Г. А. Колочкина, Н. В. Кучерук // Экология моря. – 2003. – Вып. 64. – С. 72-77.
4. Фроленко, Л. Н. Формирование биоценоза вселенца кунearки *Cunearca cornea* в Азовском море / Л. Н. Фроленко, О. В. Двинянинова // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азовского бассейна. – Ростов-на-Дону, 1998 – С. 115-118.
5. Щербань, С. А. Современное состояние эколого-биологических исследований двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* (Токупaга, 1906), как перспективного объекта культивирования в Чёрном море / С. А. Щербань, Н. К. Ревков // VIII Всеросс. науч. конф. по промысловым беспозвоночным (Калининград, 2-5 сент. 2015 г.): материалы докладов. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2015. – С. 259-262.
6. Acarli, S. Growth and Survival of *Anadara inaequalvis* (Bruguiere, 1789) in Sufa Lagoon, Izmir, Turkey / S. Acarli, A. Lok, , S. Yigitkurt // The Israeli J. of Aquaculture - Bamidgah, IJA-64.-2012. - V. 64. - P. 1-7.
7. Sahin, C. The Benthic Exotic Species of the Black Sea: Blood Cockle (*Anadara inaequalvis*, Bruguiere, 1789: *Bivalve*) and Rapa Whelk (*Rapana thomasiana*, Crosse, 1861: Mollusc) / C. Sahin, H. Emiral, I. Okumus, G. A. Mutlu // J. of Animal and Veterinary Advan. - 2009. - Vol. 8. (2). - P. 240-245.
8. Marine mussels: their ecology and physiology / Ed. B. L. Bayne. Camb. Univer. Press. – L. - N.-Y. - M. - 1976. - P. 385-410
9. Золотницкий, А. П. Некоторые данные по росту и аллометрии двустворчатого моллюска кунearки (*Cunearca cornea* Reeve) как возможного объекта черноморской марикультуры / А. П. Золотницкий, В. И. Вижевский // Рыбное хозяйство Украины. – 2005. – № 3/4. – С. 19-21.
10. Пиркова, А. В. Рост двустворчатого моллюска *Anadara inaequalvis* (*Bivalvia*) в Черном море при садковом выращивании / А. В. Пиркова // Труды ЮгНИРО, 2012. - Т. 52. - С. 73-78.
11. Алимов, А. Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков / А. Ф. Алимов. - Ленинград: Наука, 1981. – 248 с.
12. Заика, В. Е. Балансовая теория роста животных / В. Е. Заика. – Киев: Наук. думка, 1985. – 252 с.
13. Hall S. A. multiple regression model of oyster growth. Fish. Res., 1984, V. 2, pp. 167 - 175.
14. Золотницкий, А. П. О влиянии массы тела и температуры воды на удельную скорость роста черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) / А. П. Золотницкий, В. И. Вижевский // Биологические науки. – 1990. - № 3. - С. 85-90.

REFERENCES

1. Zolotarev V. N. Dvustvorchatyj molljusk *Cunearca cornea* – novyj jelement fauny Chernogo morja [Bivalve mollusk *Cunearca cornea* – a new element of the Black Sea fauna]. *Dokl. AN SSSR*, 1987, vol. 297, no. 2, pp. 501-503.
2. Zhavoronkova A. M., Zolotnytsky A. P. Harakteristika allometricheskogo rosta dvustvorchatogo molljuska anadary (*Anadara inaequalvis*) iz Kerchenskogo proliva [Characteristics of the allometric growth of the anadara bivalve mollusk

(*Anadara inaequalis*) from the Kerch Strait]. *Jekosistemy, ih optimizacija i ohrana. Simferopol'*, 2014. vol. 10 (29), pp. 128-134.

3. Chikina M. V., Koljuchkina G. A., Kucheruk N. V. Aspekty biologii razmnozhenija *Scapharca inaequalis* (Bruguière) (*Bivalvia, Arcidae*) v Chernom more [Aspects of reproduction biology of *Scapharca inaequalis* (Bruguière) (*Bivalvia, Arcidae*) in the Black Sea]. *Jekologija morja*, 2003, vol. 64, pp. 72-77.

4. Frolenko L.N., Dvinjaninova O.V. Formirovanie biocenoza vselency kunearki *Cunearca cornea* v Azovskom more [Formation of the biocenosis of the invading kunearka *Cunearca cornea* in the Azov Sea]. *Osnovnye problemy rybnogo hozjajstva i ohrany rybohozjajstvennyh vodoemov Azovskogo bassejna*, 1998, pp. 115-118.

5. Shcherban S. A., Revkov N. K. Sovremennoye sostoyaniye ekologo-biologicheskikh issledovaniy dvustvorchatogo molljusk *Anadara kagosnimensis* (Tokunaga, 1906) kak perspektivnogo ob'yekta kul'tivirovaniya v Chornom more [Current state of ecological and biological studies of bivalve mollusk *Anadara kagosnimensis* (Tokunaga, 1906) as a promising object of cultivation in the Black Sea]. *Materialy dokladov VIII Vseross. nauch. konf. po promyslovym bespozvonochnym, 2-5 sentyabrya 2015 g., Kaliningrad* [Proceedings of the VIII All-Russian scientific conference on commercial invertebrates, 2-5 September 2015, Kaliningrad]. 2015, pp. 259-262.

6. Acarli S., Lok A., Yigitkurt S. Growth and Survival of *Anadara inaequalis* (Bruguiere, 1789) in Sufa Lagoon, Izmir, Turkey. *The Israeli J. of Aquaculture*, 2012, V. 64, pp. 1-7.

7. Sahin C., Emiral H., Okumus I., Mutlu G. A The Benthic Exotic Species of the Black Sea: Blood Cockle (*Anadara inaequalis*, Bruguiere, 1789: Bivalvae) and Rapa Whelk (*Rapana thomasi*, Crosse, 1861: Mollusc). *J. of Animal and Veterinary Advan.* 2009, vol. 8 (2), pp. 240-245.

8. Bayne B. L. Marine mussels: their ecology and physiology. L. - N.-Y., *Camb. Univer. Press.* 1976, pp. 385-410.

9. Zolotnitsky A. P., Vizhevsky V. I. Nekotorye dannye po rostu i allometrii dvustvorchatogo molljusk kunearki (*Cunearca cornea* Reeve) kak vozmozhnogo ob'yekta chernomorskoj marikul'tury [Some data on the growth and allometry of the bivalve mollusk (*Cunearca cornea* Reeve), as a possible object of the Black Sea mariculture]. *Rybnoe hozjajstvo Ukrainy*, 2005, vol. 3/4, pp. 19-21.

10. Pirkova A. V. Rost dvustvorchatogo molljusk *Anadara inaequalis* (*Bivalvia*) v Chernom more pri sadkovom vyrashhivanii [Growth of the bivalve mollusk *Anadara inaequalis* (*Bivalvia*) in the Black Sea in cage cultivation]. *Trudy JugNIRO*, 2012, vol. 52, pp. 73-78.

11. Alimov A. F. *Funkcional'naja jekologija presnovodnyh dvustvorchatykh molljuskov* [Functional ecology of freshwater bivalve mollusks]. Leningrad, Nauka, 1981, 248 p.

12. Zaika V. E. *Balansovaja teorija rosta zhivotnykh* [Balance theory of animal growth]. Kiev, Naukova dumka, 1985, 252 p.

13. Hall S. A. multiple regression model of oyster growth. *Fish. Res.*, 1984, vol. 2, pp. 167-175.

14. Zolotnitsky A. P., Vizhevsky V. I. O vlijanii massy tela i temperatury vody na udel'nuju skorost' rosta chernomorskoj midii (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) [On the influence of body weight and water temperature on the specific growth rate of

the Black Sea mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lam.)). *Biologicheskie nauki*, 1990, vol. 3, pp. 85-90.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Жаворонкова Анна Марковна – Керченский государственный морской технологический университет; ассистент кафедры водных биоресурсов и марикультуры; E-mail: ann4356@yandex.ru

Zhavoronkova Anna Markovna – Kerch State Maritime Technological University; Assistant of the Department of Aquatic Bioresources and Mariculture; E-mail: ann4356@yandex.ua

Золотницкий Александр Петрович – Керченский государственный морской технологический университет; доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов и марикультуры; E-mail: zap6@mail.ru

Zolotnitsky Alexandr Petrovich – Kerch State Maritime Technological University; Doctor of Biology, Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Mariculture; E-mail: zap6@mail.ru

Сытник Наталья Александровна – Керченский государственный морской технологический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры; E-mail: amtek-kerch@mail.ru

Sytnik Natalia Alexandrovna – Kerch State Maritime Technological University; PhD in Biological Sciences, Associate professor of the Department of Aquatic Bioresources and Mariculture; E-mail: amtek-kerch@mail.ru

УДК: 577 152.34

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ КАДМИЯ НА АКТИВНОСТЬ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ПРОТЕИНАЗ В МЫШЦАХ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *ONCORHYNCHUS MYKISS* (0+)

М. Ю. Крупнова, И. В. Суховская, Е. В. Борвинская, Н. Н. Немова

EFFECT OF CADMIUM IONS ON THE ACTIVITY OF LYSOSOMAL PROTEASES IN MUSCLES OF RAINBOW TROUT *ONCORHYNCHUS MYKISS* (0+)

M. Yu. Krupnova, I. A. Sukhovskaya, E. V. Borvinskaya, N. N. Nemova

Изучено влияние хлорида кадмия (5 мкг/л (ПДК) и 25 мкг/л (5 ПДК) при разных сроках экспозиции на активность протеолитических ферментов лизосом (катепсины D и B) в мышцах сеголетков радужной форели, содержащихся в аквариальных условиях. Показано, что на начальном этапе интоксикации (экспозиция 3 сут, ПДК) ионы кадмия не оказывают заметного влияния на действие катепсина D, а при увеличении концентрации соли кадмия в пять раз (3 сут) отмечено повышение его активности по сравнению с таковой в контрольной группе. Экспозиция соли кадмия в течение 10 сут в концентрации, соответствующей 5 ПДК, привела к снижению активности катепсина D в мышцах исследуемых рыб по сравнению с контрольными образцами. Рост активности катепсина D на третьи сутки эксперимента (5 ПДК), возможно, связан с лабильзацией лизосомальных мембран под действием хлорида кадмия (закисление среды), а отмеченное в дальнейшем понижение активности данного фермента (10 сут, ПДК) отражает включение механизмов защиты мембран. Несколько иные зависимости обнаружены в изменении активности катепсина B (цистеинзависимая протеиназа лизосом) в мышцах форели в тех же экспериментальных условиях. Так, на третьи сутки экспозиции при концентрации хлорида кадмия, соответствующей ПДК (5 мкг/л), отмечена максимальная активность данного фермента. С увеличением концентрации токсиканта (25 мкг/3 сут) и времени экспозиции (ПДК, 10 сут) уровень активности фермента в мышцах рыб снижался по сравнению с контролем.

Полученные данные показывают, что при поступлении в организм в повышенных дозах соли кадмия могут выступать ингибиторами некоторых лизосомальных протеиназ, что в конечном счете приводит к изменению соотношения синтеза и деградации белков в организме. Проведенные исследования свидетельствуют об участии лизосомальных протеиназ в реализации защитной функции лизосом.

лизосомы, катепсин D, катепсин B, кадмий, форель

The effect of 5 µg/L cadmium chloride (maximum allowable concentration (MAC) according to the Russian state standard for water quality) and 25 µg/L (5MAC) on the activity of lysosomal proteases (cathepsin D and cathepsin B) was studied in the muscles of the yearlings rainbow trout for different exposure time. At the first 3 days of

exposure at 1MAC, cadmium ions did not have a noticeable effect on the activity of cathepsin D, in turn the 5MAC of cadmium caused increase of its activity relative to the control group. After 10 days of exposure at 5MAC, activity of cathepsin D decreased in the fish muscles compared to the control group. The increase in cathepsin D activity at 5MAC at the 3rd day is possibly related with the increase of the lysosomal membranes labialisation under the cadmium chloride exposure (acidification of the medium), whereas further decrease of the activity on the 10th day indicates activation of the lysosomal membrane protection mechanisms. Cysteine-dependent lysosomal protease cathepsin B in trout muscles was shown to have another response to cadmium under the same experimental conditions. The maximum activity of this enzyme was on the 3rd day of exposure at the concentration of cadmium chloride corresponding to 1MAC (5 µg/l). Then, the activity of the enzyme decreased with an increase of toxicant concentration (25 µg/L, 3 days) and exposure time (1MAC, 10 days) in comparison to the control.

The obtained data confirm that elevated doses of cadmium can inhibit some lysosomal proteases, which, eventually, can disturb a balance between protein synthesis and degradation in the organism. The research contributes to the understanding of the role of lysosomal proteases in the realization of the protective function of lysosomes.

lysosomes, cathepsin D, cathepsin B, cadmium, trout

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы занимают особое место в ряду токсических факторов, воздействующих на живые организмы. Им свойственна высокая биологическая активность, они легко переносятся в организме. Загрязненность водоемов тяжелыми металлами – один из самых распространенных видов антропогенного воздействия. Особое место в ряду тяжелых металлов занимают так называемые неэссенциальные – кадмий, свинец и ртуть, которые обладают сравнительно высокой токсичностью, легко поглощаются рыбами, адсорбируясь через жабры и желудочно-кишечный тракт, и накапливаются в тканях внутренних органов. Так, кадмий обладает канцерогенным, гонадотропным, эмбриотропным, мутагенным и нефротоксическим действием. В клетке он инактивирует металлоферменты, участвующие во многих метаболических процессах, нарушает проницаемость мембран, ингибирует окислительное фосфорилирование, синтез белков и нуклеиновых кислот [1 – 3]. В процессе эволюции сформировались различные защитные механизмы, снижающие токсическое действие поллютантов, к ним, в частности, относится и реализация защитной функции лизосом, которая осуществляется при участии лизосомальных гидролаз, включающих, наряду с другими гидролазами, комплекс протеолитических ферментов, активных в кислой области рН (катепсинов) [4]. Лизосомальные протеиназы являются биохимическими индикаторами изменения протеолитической функции лизосом при формировании биохимических адаптаций у водных организмов на всех стадиях развития. Основная функция этих гидролаз заключается в их участии в белковой деградации и регуляторных реакциях ограниченного протеолиза [5]. Катепсин D относится к группе аспартильных протеиназ, так как в активном центре группы кислых протеиназ, аналогичных по своему действию пепсину, принимают участие карбоксильные группы остатков аспарагиновой кислоты. Этот фермент гидролизует только белковые субстраты и поэтому определяется,

главным образом, по изменению продуктов деградации белков [6]. Катепсин В является представителем цистеинзависимых протеиназ, функционирующих в слабокислой и нейтральной среде (рН 5-7) и имеющих в активном центре тиоловые группы в цистеиновых остатках. Данному ферменту отводится приоритетное участие в регуляторных процессинговых реакциях, а не в белковой деградации [5]. В настоящей работе изучали изменение активности основных лизосомальных протеиназ животных тканей – катепсинов В (тиолзависимой протеиназы) и D (аспартильной протеиназы) в мышцах форели при воздействии солей кадмия в эксперименте *in vitro*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В эксперименте использовали сеголетков радужной форели *Oncorhynchus mykiss* (0+). Моделирование хронического загрязнения водной среды тяжелыми металлами производилось в аквариальных условиях. Перед началом эксперимента в аквариальном комплексе были установлены и стабилизированы гидрохимический и температурный режимы (12 - 14°C). Токсикологическому исследованию во всех случаях предшествовал этап предадаптации в течение 14 сут. Опытных животных разделили на три группы по семь особей в каждой. Первая группа форели служила контролем и находилась в аквариуме с водопроводной водой, вторая – была помещена в аквариум с добавлением растворимой соли кадмия ($CdCl_2$) в концентрациях 5 мкг/л (ПДК для рыбохозяйственных целей), третья группа – 25 мкг/мл (концентрация, в пять раз превышающая ПДК). Все гидробионты содержались при одинаковых условиях освещения, температуры и аэрации, без кормления. Биохимические анализы проводили на третьи и десятые сутки экспозиции рыб в токсической среде параллельно с контрольной их группой. Необходимо отметить, что в аквариуме с концентрацией кадмия, превышающей ПДК в пять раз, к концу третьих суток погибло 50 % рыбы. При высокой концентрации загрязняющих веществ наблюдается гибель организма, так как чрезмерные концентрации тех или иных веществ блокируют действие регуляторных систем или непосредственно воздействуют на какой-либо орган, вызывая его гибель, а затем гибель организма в целом [7]. Несмотря на то, что в большей степени подвержены влиянию действия тяжелых металлов печень и почки, в работе были изучены мышцы, которые составляют основу массы тела рыб.

Активность основных протеиназ лизосом - катепсинов В и D определяли в осветленных гомогенатах мышечной ткани рыб, которые готовили на 0,25М растворе сахарозы (1:10) с добавлением 0,01%-ного раствора тритона X-100 (1200 об/мин x 60 с). Центрифугирование гомогенатов для получения фракции, обогащенной лизосомами, проводили на центрифуге К-24 (Германия) [8].

Активность катепсинов В и D определяли спектрофотометрически: катепсина В – по гидролизу 0,065М раствора этилового эфира бензоиларгинамида в 0,1М ацетатном буфере рН 5,0 [1], катепсина D – бычьего гемоглобина при рН 3,6 [9] соответственно. Активность ферментов выражали в условных единицах: катепсина D – 280, катепсина В – 525 нм на мг белка. Концентрацию белка в пробах определяли по методу Брэдфорд [10].

Экспериментальные работы выполнены с использованием оборудования ЦКП НО Института биологии КарНЦ РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты изучения активности катепсинов в мышечной ткани форели свидетельствуют о том, что на начальном этапе интоксикации (экспозиция 3 сут, ПДК) ионы кадмия не оказывают заметного влияния на действие катепсина D, а при увеличении концентрации соли кадмия в пять раз (3 сут) отмечено повышение его активности (примерно на 30%) по сравнению с таковой в контрольной группе, что, возможно, связано с усилением протеолиза дефектных (поврежденных) белковых структур, возникающих в результате воздействия токсикантов [11].

Экспозиция соли кадмия в течение 10 сут в концентрации, соответствующей 5 ПДК, привела к снижению активности катепсина D в мышцах исследуемых рыб по сравнению с контрольными образцами (рисунок).

Рост активности катепсина D на третьи сутки эксперимента (5 ПДК), возможно, связан с лабилизацией лизосомальных мембран под действием хлорида кадмия (закисление среды), а отмеченное в дальнейшем понижение активности данного фермента (10 сут, ПДК) отражает включение механизмов защиты лизосомальных мембран.

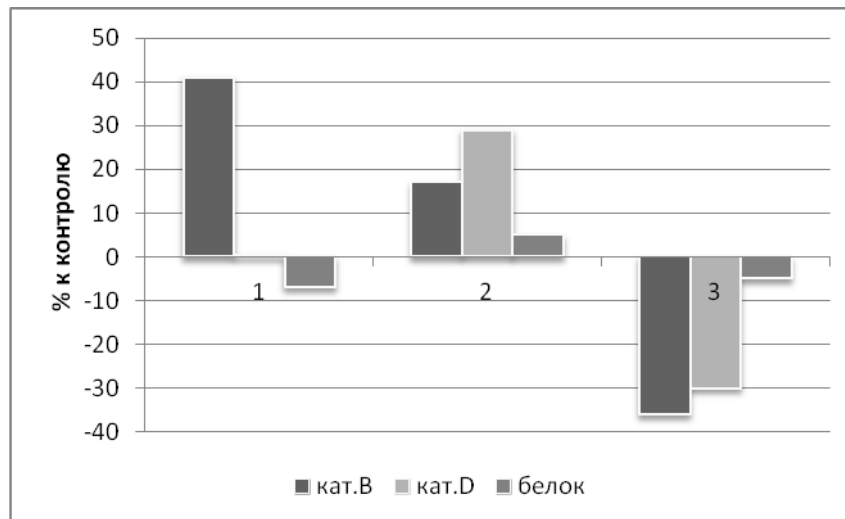


Рис. Влияние хлорида кадмия на активность лизосомальных протеиназ и содержание белка в мышцах форели (% к контролю). 1 – ПДК (3 сут); 2 – 5 ПДК (3 сут); 3 – ПДК (10 сут)

Fig. Effect of cadmium chloride on the activity of lysosomal proteases and the content of protein in the trout muscles (% to the control). 1 - MAC (3 days); 2 – 5MAC (3 days); 3 - MAC (10 days)

Несколько иные зависимости обнаружены в изменении активности катепсина В (цистеинзависимая протеиназа лизосом) в мышцах форели в тех же экспериментальных условиях. Так, на третьи сутки экспозиции при концентрации хлорида кадмия, соответствующей ПДК (5 мкг/л), отмечена максимальная активность данного фермента. С увеличением концентрации токсиканта (25 мкг/3 сут) и времени экспозиции (ПДК, 10 сут) уровень активности катепсина В в мышцах рыб снижался по сравнению с контролем более чем на

40%. Аналогичные изменения были отмечены ранее в работах, посвященных изучению активности цистеинзависимой протеиназы лизосом в тканях окуней из загрязненных, закисленных озер с повышенным накоплением ртути в мышцах этого вида рыб [12].

ВЫВОДЫ

Полученные данные подтверждают, что при поступлении в организм в повышенных дозах соли кадмия могут выступать ингибиторами реакций лизосомального протеолиза, что в конечном счете отразится на соотношении процессов синтеза и деградации белков в организме [13, 14]. Увеличение концентрации солей кадмия (5 ПДК, 10 сут) привело к гибели форели, связанной с длительным токсическим воздействием тяжелых металлов.

При этом содержание белка в мышцах форели в присутствии хлорида кадмия на протяжении всего периода наблюдений практически не изменялось.

Результаты проведенных исследований по определению активности лизосомальных протеиназ в мышцах радужной форели при интоксикации хлоридом кадмия показали различную степень и направленность изменений в зависимости от времени экспозиции и концентрации токсиканта. Более продолжительное воздействие солей кадмия (10 сут) повлекло резкое снижение активности протеолитических ферментов (30-40%), подтверждая, вероятно, неспособность ферментной системы адаптироваться к данному токсиканту.

Таким образом, результаты изучения влияния соли кадмия на активность катепсинов В и D в мышцах сеголетков форели, содержащихся в аквариальных условиях, свидетельствуют об участии этих катепсинов в реализации защитной функции лизосом, что было установлено нами ранее при изучении влияния на лизосомальный протеолиз рыб токсических факторов различного происхождения [15 – 18].

Работа выполнялась в рамках государственного задания (тема № 0221-2014-0033).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Протеолитическая активность тканей карпа и воблы под влиянием хлорида кадмия / С. И. Курбанова [и др.] // Экология животных Юга России: экология, развитие. – 2013. – № 1. – С. 62 – 66.
2. Алиновская, Ю. Б. Восстановление некоторых физиологических показателей карпа после отравления ионами кадмия / Ю. Б. Алиновская // Рыбохозяйственная наука на пути в XXI век: всерос. конф. молодых ученых (21-23 мая): материалы. – Владивосток: Изд-во ТИНРО, 2001. – С.4 – 6.
3. Руднева, И. И. Эколого-физиологические особенности антиоксидантной системы рыб и процессов перекисного окисления липидов / И. И. Руднева // Успехи современной биологии. – 2003. – Т. 123. – № 4. – С. 391 – 400.
4. Дин, Р. Процессы распада в клетке / Р. Дин. – Москва: Мир, 1980. –120 с.

5. Лысенко, Л. А. Протеолитическая регуляция биологических процессов: моногр. / Л. А. Лысенко, Н. Н. Немова, Н. П. Канцерова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. – 482 с.
6. Barrett, A. J. Lysosomalenzymes / A. J. Barrett, M. Heath // In: Dingle J. T. (ed.). Lysosomes. A laboratory handbook, Amsterdam. – 1977. – P. 19 – 27.
7. Лукин, А. А. Приспособительные реакции и патогенез рыб Европейского Севера России при антропогенном воздействии: автореф. дис. докт. биол. наук: 03.00.16 / Лукин Анатолий Александрович; Петрозаводск, 2001. – 46 с.
8. Покровский, А. А. Изменение ферментов лизосом при белковой недостаточности // А. А. Покровский, В. А. Тутельян // Биохимия. 1968. – Т. 33. – № 4. – С. 809 – 816.
9. Алексеенко, Л. П. Определение активности протеиназ по расщеплению белковых субстратов / Л. П. Алексеенко // Современные методы в биохимии: в 2 т. – Москва: Медицина, 1968. – Т. 2. – С.112.
10. Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding /M.M.Bradford //Analit. Biochem. – 1976. – V.72. – P. 248 – 254.
11. Волошина Г. Э. Экологическая оценка состояния поверхностных вод реки Понуры / Г. Э. Волошина // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 118 – 122.
12. Мур, Дж. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния / Дж. Мур, С. Рамамурти. – Москва: Мир, 1987. – 288 с.
13. Мартин, Р. Бионеорганическая химия токсичных ионов металлов / Р. Мартин // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – Москва: Мир, 1993. – С. 25 – 61.
14. Sorensen, E. M. Metal poisoning in fish. U.S.A. / E. M. Sorensen // Texas: CRC Press. – 1992. – 362 P.
15. Немова, Н. Н. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб / Н. Н. Немова. – Москва: Наука, 2005. – 163 с.
16. Влияние токсических факторов на протеолитическую активность в икре и ранних личинках рыб / Н. Н. Немова [и др.] // Известия РАН. Сер. Биология. – 1994. – № 4. – С. 605 – 610.
17. Немова, Н. Н. Эколого-биохимическое тестирование водоемов по состоянию рыб / Н. Н. Немова, Р. У. Высоцкая, В. С. Сидоров // Научные аспекты экологических проблем России. – Москва: Наука. – 2002. – Т. 1. – С. 215 – 220.
18. Немова, Н. Н. Лизосомальные протеолитические ферменты – один из критериев оценки физиолого-биохимического состояния рыб / Н. Н. Немова, М. Ю. Крупнова // Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2005: IV Международ. науч. конф. (18-20 окт.): труды. – Калининград, 2005. – С. 116 –117.

REFERENCES

1. Kurbanova S. I., Rabazanov N. I., Nurmagomedova P. M., Magomedova Z. M., Magomedova M. M. Proteoliticheseskaja aktivnost' tkanej karpa i vobly pod vlijaniem hlorida kadmija [Proteolytic activity of carp and vobla tissues under the influence of cadmium chloride]. *Jekologija zhivotnyh Juga Rossii: jekologija, razvitie*, 2013, no. 1, pp. 62-66.

2. Alinovskaja Ju. B. Vosstanovlenie nekotoryh fiziologicheskikh pokazatelej karpa posle otravlenija ionami kadmija [Restoration of some physiological indicators of carp after poisoning with cadmium ions]. *Trudy Vseros. konf. Molodyh uchenyh «Rybohozjajstvennaja nauka na puti v XXI vek»* [Proc. of All-Russian Conf. Young scientists "Fishery science on the way to the XIII century"]. Vladivostok, 2001, pp. 4-6.
3. Rudneva I. I. Jekologo-fiziologicheskie osobennosti antioksidantnoj sistemy ryb i processov perekisnogo okislenija lipidov [Ecological and physiological features of the antioxidant system of fish and processes of lipid peroxidation]. *Uspehi sovremennoi biologii*, 2003, vol. 123, no. 4, pp. 391-400.
4. Din R. *Processy raspada v kletke* [Decay processes in a cell]. Moscow, Mir, 1980, 120 p.
5. Lysenko L. A., Nemova N. N., Kancerova N. P. *Proteoliticheskaja regulacija biologicheskikh processov* [Proteolytic regulation of biological processes]. Petrozavodsk, Karel'skijnauchnyjcentr RAN, 2011, 482 p.
6. Barrett A. J., Heath M., Lysosomal enzymes in: Dingle J. T. (ed.). *Lysosomes. A laboratory handbook*, Amsterdam, 1977, pp. 19-27.
7. Lukin A. A. *Prisposobitel'nye reakcii i patogenez ryb Evropejskogo Severa Rossii pri antropogennom vozdejstvii. Avtoref. diss. dokt. biol. nauk* [Adaptive reactions and pathogenesis of fish of the European North of Russia under anthropogenic influence. Abstract of dis. dr. sci.]. Petrozavodsk, 2001, 46 p.
8. Pokrovskij A. A., Tutel'jan V. A. Izmenenie fermentov lizosom pri belkovoju nedostatochnosti [Change in enzymes of lysosomes with protein deficiency]. *Biohimija*, 1968, vol. 33, no. 4, pp. 809-816.
9. Alekseenko L. P. *Opredelenie aktivnosti proteinaz po rasshhepleniju belkovyh substratov* [Determination of the activity of proteinases on the cleavage of protein substrates]. *Sovremennye metody v biohimii*. Moscow, Medicina. 1968, vol. 2, pp. 112.
10. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analit. Biochem.*, 1976, vol. 72, pp. 248-254.
11. Voloshina G. Je. Jekologicheskaja ocenka sostojanija poverhnostnyh vod reki Ponura [Ecological assessment of the surface water of the Ponura River]. *Jekolog. vest. Sever. Kavkaza*, 2006, vol. 2, no. 1, pp. 118-122.
12. Mur Dzh, Ramamurti S. *Tjazhelye metally v prirodnyh vodah: Kontrol' i ocenka vlijanija* [Heavy metals in natural waters: Control and assessment of influence]. Moscow, Mir, 1987, 288 p.
13. Martin R. *Bioneorganicheskaja himija toksichnyh ionov metallov* [Bio-organic chemistry of toxic metal ions]. *Nekotorye voprosy toksichnosti ionov metallov*. Moscow, Mir, 1993, pp. 25-61.
14. Sorensen E. M. *Metal poisoning in fish*. U.S.A. Texas: CRC Press., 1992, 362 p.
15. Nemova N. N. *Biohimicheskie je ffekty nakoplenija rtuti u ryb* [Biochemical effects of mercury accumulation in fish]. Moscow, Nauka, 2005, 163 p.
16. Nemova N. N., Krupnova M. Ju., Kjavjarajnen E. I., Volkov I. V. Vlijanie toksicheskikh faktorov na proteoliticheskiju aktivnost' v ikre i rannih lichinkah ryb [The influence of toxic factors on proteolytic activity in eggs and early fish larvae]. *Izvestija RAN. Ser. biol.*, 1994, no. 4, pp. 605-610.

17. Nemova N. N., Vysockaja R. U., Sidorov V. S. *Nauchnye aspekty jekologicheskikh problem Rossii* [Scientific aspects of environmental problems in Russia]. Moscow, Nauka, 2002, vol. 1, pp. 215-220.

18. Nemova N. N., Krupnova M. Ju. Lizosomal'nye proteoliticheskie fermenty – odin iz kriteriev ocenki fiziologo-biohimicheskogo sostojanija ryb [Lysosomal proteolytic enzymes – one of the criteria for assessing physiological and biochemical status of fish]. *Trudy Mezhdunarodnoi konferencii «Innovacii v nauke, obrazovanii i biznese-2005»* [Processes of International Conference «Innovations in Science, Education and Business-2005»]. Kaliningrad, 2005, pp. 116-117.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Крупнова Марина Юрьевна – Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск); кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологической биохимии; E-mail: mukrupnova@rambler.ru

Krupnova Marina Yurievna – Institute of Biology, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences (Petrozavodsk); Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher of the Laboratory of Environmental Biochemistry; E-mail: mukrupnova@rambler.ru

Суховская Ирина Викторовна – Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск); кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологической биохимии; E-mail: sukhovskaya@inbox.ru

Sukhovskaya Irina Viktorovna – Institute of Biology, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences (Petrozavodsk); Candidate of Biological Sciences; Researcher of the Laboratory of Environmental Biochemistry; E-mail: sukhovskaya@inbox.ru

Борвинская Екатерина Витальевна – Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск); кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологической биохимии; E-mail: katsu@inbox.ru

Borvinskaya Ekaterina Vitalievna – Institute of Biology, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences (Petrozavodsk); Candidate of Biological Sciences; Researcher of the Laboratory of Environmental Biochemistry; E-mail: katsu@inbox.ru

Немова Нина Николаевна – Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск); доктор биологических наук; чл.-корр. РАН; главный научный сотрудник; E-mail: nemova@krc.karelia.ru

Nemova Nina Nikolaevna – Institute of Biology, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences (Petrozavodsk); Doctor of Biological Sciences; Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Chief Researcher of the Laboratory of Environmental Biochemistry; E mail:nemova@krc.karelia.ru

УДК 639.2.3

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
МЕЛИОРАЦИИ НЕРЕСТОВЫХ РЕК

С. В. Шибаяев

A MODEL FOR ASSESSMENT OF EFFECTIVENESS OF FISHERY
MELIORATION OF SPAWNING RIVERS

S. V. Shibaev

Предлагается математическая модель, представляющая зависимость интенсивности нерестового хода рыб от глубины бара, образующегося в устье реки в результате естественного заиления. Зависимость описывается асимптотической функцией, стремящейся к пределу при глубине бара, равной глубине основной реки. Нахождение параметров уравнения возможно на основе натуральных наблюдений за нерестовым ходом рыб при различных значениях глубины бара – в идеале до и после проведения дноуглубительных работ. Модель может быть использована для оценки биологического эффекта проведения мелиоративных мероприятий на нерестовых реках. Данная оценка является необходимой для обоснования целесообразности использования средств, направляемых на компенсацию ущерба, наносимого водным биоресурсам в результате различных видов хозяйственной деятельности.

нерестовые реки, заиление, рыбохозяйственная мелиорация, биологическая эффективность, математическая модель

The article describes a mathematical model for formalization of dependence of the intensity of the spawning migration of fishes on the depth in the river mouth. It is proposed an asymptotic function tending to the limit at a bar depth equal to the depth of the main river. Finding the parameters of the equation is possible on the basis of full-scale observations of spawning fish migration at different depths of the bar - ideally before and after dredging. The model can be used to assess the biological effect of reclamation activities on spawning rivers to justify the usage of money for compensation environmental impact of human activity.

spawning rivers, sedimentation, river mouth, fishery melioration, biological effectiveness of reproduction, mathematic mode

ВВЕДЕНИЕ

Рыбохозяйственная мелиорация – это мероприятия по улучшению показателей гидрологического, гидрогеохимического, экологического состояния водных объектов в целях создания условий для сохранения и рационального использования водных биоресурсов, а также обеспечения производства продукции аквакультуры. Одним из важнейших направлений рыбохозяйственной мелиора-

ции, согласно Закону о рыболовстве [1], является проведение дноуглубительных работ и (или) работ по выемке грунта с целью ликвидации преград для миграции производителей на нерест. Данный вид деятельности представляется особенно актуальным, в частности, в Калининградской области, где устья малых рек, впадающих в Куршский и Вислинский залив, подвержены постоянному заилению и требуют регулярной очистки для обеспечения нормального нерестового хода фитофильных рыб. В период до 1990 гг. рыбохозяйственная мелиорация устьев рек проводилась достаточно часто, однако затем она была полностью прекращена ввиду отсутствия государственного финансирования.

В настоящее время появляется возможность использования для целей рыбохозяйственной мелиорации средств, выплачиваемых хозяйствующими субъектами на компенсацию ущерба, наносимого водным биоресурсам и среде их обитания в результате различных видов хозяйственной деятельности [2]. Вместе с тем реализация данного направления оказывается невозможной ввиду отсутствия методики расчета эффекта повышения рыбопродуктивности водных объектов в результате проведения рыбохозяйственной мелиорации.

Цель настоящей работы – разработка модели зависимости интенсивности нерестового хода от глубины устья нерестовой реки, позволяющей формализовать методику оценки эффективности рыбохозяйственной мелиорации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проблема оценки биологической эффективности мелиорации путем углубления устья реки может быть решена по следующему алгоритму. Необходимо на конкретной реке провести мониторинг хода производителей, заходящих на нерест в течение одного нерестового сезона, и оценить их количество. Учитывая, что интенсивность нерестового хода существенно изменяется в межгодовом аспекте в связи с различными погодными условиями, такого рода мониторинг целесообразно проводить в течение нескольких лет. Следующий этап заключается в проведении расчистки устья реки и оценке интенсивности нерестового хода в новых условиях. Однако данная оценка возможна не сразу, так как после расчистки устья требуется определенное время, чтобы рыбы адаптировались к изменившемуся рельефу дна. Например, по нашим наблюдениям, после расчистки Западного (Добринского) канала, впадающего в южную часть Куршского залива, по крайней мере, в первый год, рыба на нерест в него вообще не заходила. Зато в последующем, после углубления русла реки, на нерест стала заходить не только мелкая плотва, но и достаточно крупный лещ.

Таким образом, определив интенсивность нерестового хода до и после проведения мелиоративных работ, можно оценить их эффективность, выраженную в увеличении количества заходящих производителей, их суммарной плодовитости и возможном пополнении промыслового запаса с учетом коэффициентов промыслового возврата.

Нетрудно заметить, что реализация данной идеальной схемы сопряжена со значительными трудностями организационного характера и, кроме того, потребует существенного объема финансирования. В этой связи представляется целесообразной разработка некоторой теоретической модели, позволяющей оценить потенциальную эффективность рыбохозяйственной мелиорации, направленной на расчистку устьев нерестовых рек.

Рассмотрим следующую схему. Предположим, что существует нерестовая река, впадающая в Куршский или Вислинский залив, которая характеризуется определенной проходной способностью для рыб (рис. 1). Допустим, что возможность миграции определяется двумя связанными с морфологией водоема параметрами: глубиной реки и площадью живого сечения. Заиление устья реки естественными наносами приводит к образованию бара. В результате уменьшаются глубина и сечение реки. В крайнем случае, глубина падает до нуля и происходит зарастание устья, что приводит к полной потере ее воспроизводительного потенциала. Для упрощения схемы будем пока учитывать только глубину реки h_0 и глубину бара h .

Предположим, что когда-то устье реки не было заилено, глубина в области бара была равна глубине самой реки и рыбы мигрировали на нерест в количестве N_0 . Количество рыб может характеризоваться либо скоростью миграции в единицу времени, либо количеством мигрирующих рыб за весь нерестовый сезон.

Допустим далее, что в результате заиления и уменьшения глубины количество рыб, заходящих на нерест, снизилось до величины N .

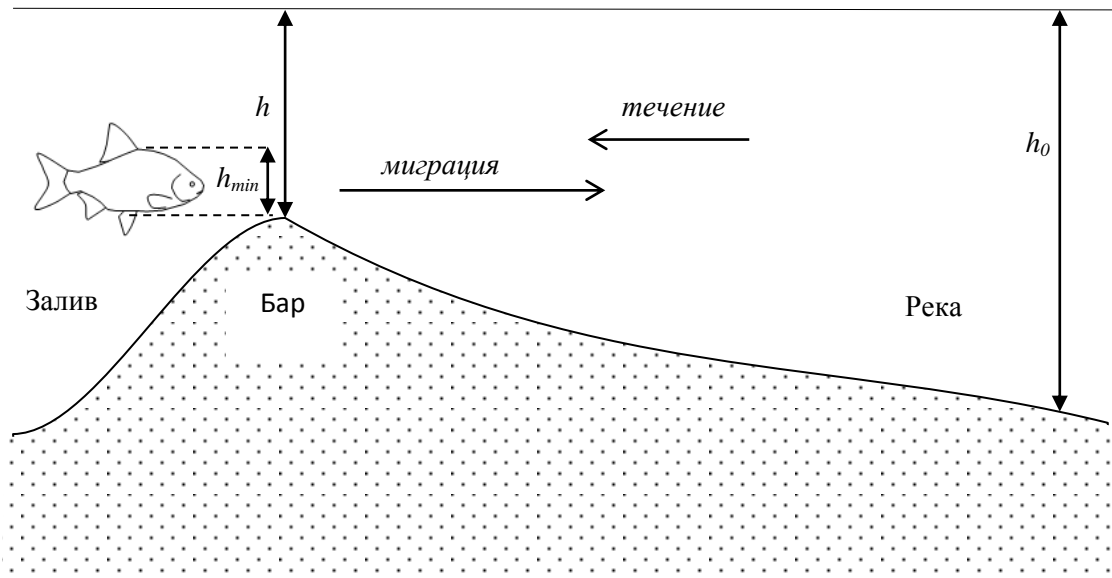


Рис. 1. Схема миграции рыбы в устье реки (пояснения в тексте)

Fig. 1. Scheme of fish migration in river mouth

Примем, что интенсивность миграции рыб увеличивается в связи с изменением глубины пропорционально разнице между предельно возможной пропускной способностью N_0 , имеющей место при глубине бара, равной глубине реки, и достигнутой в настоящее время при данной глубине бара:

$$\frac{dN}{dh} = a(N_0 - N), \quad (1)$$

где a – некоторый коэффициент пропорциональности.

Интегрируя, получаем

$$\frac{dN}{(N_0 - N)} = a * dh ,$$

$$-\ln(N_0 - N) = ah + C. \quad (1)$$

Для нахождения константы интегрирования C примем, что h_{min} – минимальная глубина бара, при которой уже невозможен проход рыбы, и, следовательно, величина захода будет равна нулю. Тогда после несложных преобразований мы получаем конечное уравнение, описывающее зависимость количества производителей, заходящих на нерест, от глубины бара:

$$-\ln(N_0 - 0) = ah + C , \quad (2)$$

$$C = -\ln(N_0) - ah_{min}. \quad (3)$$

Подставляя в (1) и потенцируя, получаем

$$-\ln(N_0 - N) = ah - \ln(N_0) - ah_{min} , \quad (4)$$

$$\ln(N_0 - N) = -ah + \ln(N_0) + ah_{min} , \quad (5)$$

$$\ln(N_0 - N) = -a(h - h_{min}) + \ln(N_0), \quad (6)$$

$$N_0 - N = N_0 e^{-a(h - h_{min})}, \quad (7)$$

$$N = N_0 (1 - e^{-a(h - h_{min})}). \quad (8)$$

В данном уравнении неизвестными являются три параметра: N_0 – количество рыб, заходящих в реку при идеальных условиях, когда глубина бара соответствует глубине реки; a – некоторый коэффициент, определяющий скорость приращения захода рыбы в зависимости от разности между минимально необходимой h_{min} и фактической глубиной h , и, наконец, минимальная глубина h_{min} . Последнюю, кстати, можно для простоты приравнять к максимальной высоте тела рыбы, заходящей на нерест. Ее величину также можно легко установить, зная биологию и морфологию рыбы. Коэффициенты N_0 и a являются специфичными для каждой конкретной реки и вида рыбы.

Следует также обратить внимание на две особенности данного уравнения:

1) оно описывает асимптотическую кривую, пересекающую ось абсцисс в точке h_{min} и имеющую верхний предел, равный N_0 (рис. 2);

2) наличие асимптоты свидетельствует о том, что проведение изъятия грунта бара на глубину более глубины реки нецелесообразно, так как пропускная способность реки при этом не увеличится.

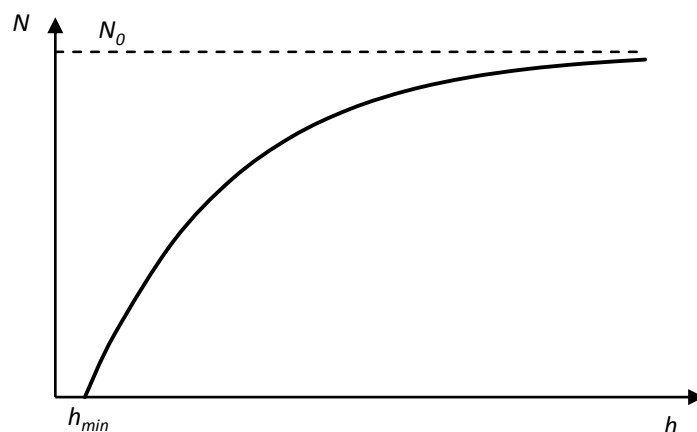


Рис. 2. Зависимость численности рыб N , заходящих на нерест, от глубины бара h

Fig. 2. Dependence of number of fishes (N) migrating to spawning on the depth on bar in river mouth (h)

Для нахождения неизвестной величины a необходимы, по крайней мере, две точки, соответствующие количеству мигрирующих рыб N_1 и N_2 при различной глубине бара h_1 и h_2 .

Преобразуя основное уравнение (8), получаем:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{N_0(1-e^{-a(h_1-h_{\min})})}{N_0(1-e^{-a(h_2-h_{\min})})}, \quad (9)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{(1-e^{-a(h_1-h_{\min})})}{(1-e^{-a(h_2-h_{\min})})}. \quad (10)$$

Данное уравнение не имеет аналитического решения, но коэффициент a легко находится методом итераций. Зная его, можно рассчитать предельную численность мигрирующих рыб N_0 .

Как видно, для оценки параметров уравнения, так или иначе, нужны две точки, что делает невозможным расчет потенциальной эффективности мелиорации устьев рек до ее проведения. Такой подход является неприемлемым, так как не позволяет планировать проведение мелиоративных работ. В этой связи нам представляется целесообразным пойти на некоторые допущения и применить следующий алгоритм.

1. С целью предварительного обоснования мелиорации проводится мониторинг нерестового хода на выбранной реке. В результате получаем значения N_1 при имеющейся глубине бара h_1 .

2. Вторую точку приходится оценивать теоретически. Учитывая асимптотическую форму кривой, можно принять, что приращение численности рыб идет с замедлением и при увеличении глубины бара в два раза число рыб увеличится на 50 % (или какую-нибудь другую заранее оговоренную величину). Такой коэффициент позволит избежать излишне оптимистичных ожиданий от мелиорации.

Тогда можно рассчитать коэффициент a

$$\frac{N_1}{1.5N_1} = \frac{(1-e^{a(h_1-h_{\min})})}{(1-e^{a(2h_1-h_{\min})})}, \quad (11)$$

$$\frac{1}{1.5} = \frac{(1-e^{a(h_1-h_{\min})})}{(1-e^{a(2h_1-h_{\min})})} \quad (12)$$

и в результате получить предварительное обоснование затрат на проведение мелиоративных работ исходя из их возможной эффективности.

3. После выполнения мелиорации осуществляется повторный мониторинг нерестового хода и уточняются все коэффициенты уравнений уже по фактическим данным. При этом реальный эффект мелиорации может оказаться как больше, так и меньше предварительно оцененного. Однако в перспективе, при расширении масштабов мелиорации, в конечном итоге «нулевые» эффекты будут нивелироваться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные теоретические исследования базируются на чисто умозрительных предположениях, так как до настоящего времени не существовало объективных оценок интенсивности нерестового хода в реки Калининградской области. Весной 2017 г. кафедрой ихтиологии и экологии Калининградского государственного технического университета впервые был проведен мониторинг нерестового хода рыб на р. Промысловой бассейна Куршского залива. Данная река со средней глубиной около 2.5 м заилена настолько, что в месте впадения в Куршский залив ее глубина составляет всего 0.5 м. Исследования показали, что в этих условиях количество рыб, заходящих на нерест, исчисляется десятками тонн. Поэтому даже приблизительная оценка показывает, что мелиорация реки путем расчистки ее устьевой части может иметь существенное значение для повышения эффективности естественного воспроизводства водных биоресурсов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 20.12.2004 N 166-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2016).
2. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам (Приказ Росрыболовства от 25.11.2011 N 1166. Зарегистрировано в Минюсте РФ 05.03.2012 N 23404).

REFERENCES

1. Federal Law of Russian Federation No. 166-FZ of December 20, 2004 «On fishing and the preservation of aquatic biological resources».
2. The methodology of calculation of the damage caused to aquatic biological resources (The order Federal agency of fisheries of November 25, 2011 No. 1166.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Шibaев Сергей Вадимович - Калининградский государственный технический университет; доктор биологических наук, профессор; зав. кафедрой ихтиологии и экологии; E-mail: shibaev@klgtu.ru;

Shibaev Sergey Vadimovich - Kaliningrad State Technical University; Doctor of Biological Sciences, Professor; Head of the Department of Ichthyology and Ecology; E-mail: shibaev@klgtu.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 664.951[658.562.012.7:543]:639.222.2

ОБЪЕКТИВНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
СОЗРЕВАНИЯ ФИЛЕ СЕЛЬДИ МАЛОСОЛЕННОГО

Л. С. Абрамова, Е. П. Гофербер

OBJECTIVE MEASUREMENT OF THE BIOCHEMICAL MATURATION
PROCESSES OF SLIGHTLY SALTED HERRING FILLET

L. S. Abramova, E. P. Goferber

Согласно стратегии повышения качества пищевой продукции предусмотрены совершенствование методологической базы для оценки показателей качества, разработка методов их оценки с точки зрения соответствия целям приобретения и заявленным потребительским свойствам. В рыбной отрасли России соленая сельдь занимает важное место по уровню среднестатистического потребления рыбы, так как продукция из нее отличается доступной ценой, высокой пищевой ценностью и отличными вкусовыми качествами. Характерный вкус и запах («букет») рыбе придают экстрактивные вещества, пептиды, аминокислоты и их производные, которые образуются в процессе посола и последующего созревания соленой продукции. Для характеристики процесса созревания соленой рыбной продукции используется показатель буферности, который выражается в условных единицах, градусах. Однако при посоле филе сельди обычной солью без применения добавок продукция медленно созревает и показатель готовой продукции - филе сельди малосоленого отличается низкими значениями буферности. В связи с этим разработана методика определения показателя качества созревшего филе сельди является актуальной задачей. В результате проведенных исследований установлено, что для характеристики биохимических процессов созревания филе сельди малосоленого и оценки качества продукции целесообразно использовать показатель содержания концевых аминокислот. Для получения достоверных результатов модифицирована методика формольного титрования. Проведены сравнительные исследования по определению степени созревания соленой рыбной продукции различными методами. Установлена хорошая корреляция показателей как между методами, так и с результатами органолептической оценки, которые показали достоверность и целесообразность применения новой методики. Предложено для качественной созревшей продукции регламентировать содержание концевых аминокислот в количестве 110-140 мг/100 г продукта.

филе сельди, созревание, буферность, содержание концевых аминокислот

Quality control of fish raw materials and creation of high-quality products are important task of the state, as it is the main component of health promotion, increase in life expectancy and improvement of the population quality of life. The strategy for improving food products quality provides improvement of the methodological base for the evaluation of quality indicators conformity and development of methods for assessing indicators of food products quality from the point of view of their conformity

to the purposes of the acquisition and the claimed consumer properties. In the fishing industry of the Russian Federation salted herring is very important in terms of per capita consumption, since its products have an affordable price, high nutrition value and excellent taste. Extractives, peptides, amino acids and their derivatives formed in the process of salting and subsequent maturation of salted products contribute to the distinctive taste and smell (“flavour”) of fish. In order to characterize maturation processes of salted fish products a buffer value is used, which is expressed in degrees. However, when fillet is being salted without additives, the process of maturation is very slow and the finished products (salted herring fillet) are characterized by low buffer values. In this regard, development of a method for determining the quality indicator of herring maturation is an urgent task. As a result of researches, it has been established that for assessment of biochemical maturation of slightly salted herring fillet and evaluation of the products quality, it is meaningful to use the content of amino-end groups as an indicator. We have modified a methodology for formol titration to obtain reliable results. We have undertaken comparative studies on determination of the degree of maturation of salted fish products using various methods. We have determined a good correlation of indicators between the methods and outcomes of organoleptic assessment, which showed validity and feasibility of the use of new techniques. It has been suggested to restrict the content of amino-end groups at the rate of 110-140 mg/100 g of product for high-quality matured products.

herring fillet, maturation, buffering, a content of amino-end groups

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение качества пищевой продукции является важной государственной задачей, так как представляет основную составляющую укрепления здоровья, увеличения продолжительности и повышения качества жизни населения [1]. Для реализации этой задачи необходимы разработка и внедрение современных систем управления качеством пищевой продукции, совершенствование методологической базы для оценки показателей качества и разработка методов их оценки с точки зрения соответствия целям приобретения и заявленным потребительским свойствам.

Отечественная рыбная отрасль располагает очень разнообразной, богатой сырьевой базой, позволяющей на должном уровне внести вклад в решение задач снабжения населения пищевой продукцией, отвечающей критериям качества и принципам здорового питания. Значительный интерес с этой точки зрения представляет сельдь, которая содержит значительное количество жира, богатого полиненасыщенными жирными кислотами, является источником микро- и макроэлементов, ряда витаминов. В рыбной отрасли России соленая сельдь занимает важное место по уровню среднелюбового потребления рыбы, так как продукция из нее отличается доступной ценой, высокой пищевой ценностью и отличными вкусовыми качествами. Характерный вкус и запах («букет») рыбе придают экстрактивные вещества, пептиды, аминокислоты и их производные, которые образуются в процессе посола и последующего созревания соленой продукции. Созревание – это комплекс сложных биохимических процессов, при которых под действием ферментов рыбы, а иногда и ферментов полезной микрофлоры происходят изменения в белках, жирах и других веществах и получается продукт с нежным, сочным мясом, имеющий приятный аромат и вкус,

пригодный в пищу без дополнительной кулинарной обработки. Для характеристики процесса созревания соленой рыбной продукции обычно используется показатель буферности, который характеризует содержание в продукции пептидов различной молекулярной массы и свободных аминокислот и выражается в условных единицах, градусах. Согласно литературным данным, для сельди неразделанной показатель буферности для начала созревания составляет 120-150 град, созревшей рыбы 150-220, а при перезревании увеличивается более 220 градусов [2]. В ряде стандартов (ГОСТ 19588-2006, ГОСТ 3945-78) для пресервов из соленой рыбы регламентировано значение буферности как обязательного показателя не только качества, но и безопасности готовой продукции.

Известно, что в процессе созревания сельди наибольшей по сравнению с ферментами мышечной ткани активностью обладают ферменты внутрэнзимов [2]. Поэтому при использовании для посола в качестве сырья филе сельди, которое имеет малоактивные ферментные системы, плохо просаливается и медленно созревает, получить продукцию высокого качества сложно. В промышленности при изготовлении филе, кусочков, ломтиков, разнообразных малосоленых кулинарных изделий при посоле филе сельди используют, как правило, различные добавки, ускоряющие процесс посола и созревания. Однако контроль качества соленой продукции по степени созревания в последнее время не регламентируется. Все это привело к появлению на рынке продукции низкого качества, с плохой консистенцией, не имеющей вкусоароматического букета, характерного для соленой рыбы. Разработка приемлемого метода для оценки качественных показателей соленого филе сельди является весьма актуальной проблемой.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Целью работы являлось научное обоснование объективного показателя биохимических процессов созревания филе сельди малосоленого, предназначенного для детского питания.

В качестве объектов изучения использовали образцы филе сельди атлантической и тихоокеанской. В работе применяли химические и органолептические методы исследования. Степень созревания характеризовали по показателю буферности, определяемому по ГОСТ 19182-2014, и содержанию концевых амино- групп (ФТА, мг/100 г продукта) методом формольного титрования. Органолептическую оценку проводили по профильному методу [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При изготовлении специализированной продукции на основе филе сельди, предназначенной для детского питания, ограничена возможность использования различных добавок, ускоряющих созревание. При посоле обычной солью продукция медленно созревала и показатель готовой продукции - филе сельди малосоленого отличался низкими значениями буферности, которые даже при длительном выдерживании не превышали 30-45 град. Было сделано заключение, что данный показатель не является информационным для изучения процесса посола филе сельди. В связи с этим для характеристики качества продукции использовали метод определения концевых аминокислотных групп формольным титрованием. Сложность заключалась в том, что в основном метод титрования концевых аминокислотных групп

отработан для характеристики степени гидролиза рыбных гидролизатов. При адаптации данного метода для характеристики созревания филе сельди малосоленого возникло много вопросов с пробоподготовкой образца. Существуют ссылки на метод А.А. Лазаревского [4], модификацию этого метода А.П. Черногорцевым [5], метод Серенсена [6]. Однако указанные методы отличаются сложным и неоднозначным описанием процесса подготовки пробы и определения продуктов распада.

Анализ литературных данных показал, что в последнее время для характеристики процессов, проходящих в рыбном сырье при хранении, переработке, и количественного извлечения образовавшихся метаболитов используют 7,5%-ный водный раствор трихлоруксусной кислоты (ТХУ) [7, 8]. В связи с этим за основу взята методика экстрагирования, изложенная в приведенных работах, отработан подход для целей последующего формольного титрования полученных экстрактов. В результате рекомендовано проводить экстракцию 7,5%-ным водным раствором ТХУ при соотношении навеска образца : раствор ТХУ 1:1. Подобрана концентрация водного раствора NaOH для титрования экстрактов.

В таблице приведены показатели степени созревания различных образцов рыбной продукции.

Таблица. Показатели степени созревания рыбной продукции
Table. Indicators of fish products maturation

Номер образца	Наименование образца	Буферность, град	ФТА, мг% (экстракция 7,5%-ной ТХУ)
1	Сельдь соленая тихоокеанская (неразделанная)	108	346
2	Пресервы из сельди «Матье» (срок хранения 8 мес.)	157	549
3	Филе сельди тихоокеанской мороженое (дата вылова 20.08.2015 г.)	37	84
4	Филе сельди тихоокеанской малосоленое (дата вылова 27.04.2016 г.)	40	109
5	Филе сельди тихоокеанской малосоленое (дата вылова 29.07.2016 г.)	43	118
6	Филе сельди тихоокеанской малосоленое (дата вылова 15.12.2015 г.)	45	126
7	Филе сельди тихоокеанской малосоленое (дата вылова 19.06.2016 г.)	40	98

Проведены сравнительные исследования по определению степени созревания соленой рыбной продукции различными методами. Установлена хорошая корреляция показателей как между методами, так и с результатами органолептической оценки, которые показали достоверность и целесообразность применения новой методики.

Последовательность поведения анализа образцов описана ниже.

Образец тонко измельчали на гомогенизаторе до однородной массы, взвешивали навеску с точностью до 0,01 г (m, г), заливали 7,5%-ной ТХУ (можно растереть) при соотношении примерно 1:1 и количественно переносили в мерную

колбу (V_1 , мл), довели до метки, после выдерживания в течение 30 мин встряхивали и фильтровали через фильтр (синяя лента).

К точному объему фильтрата образца (V_2 , мл) добавляли равное количество 37%-ного формалина и титровали 0,5 N водным раствором NaOH с тимолфталейном до появления светло-голубой окраски (V_3 , мл).

Такой же объем фильтрата (V_2 , мл) образца титровали 0,5 N водным раствором NaOH с фенолфталейном до появления светло-розовой окраски (V_4 , мл).

37%-ный формалин в количестве, равном V_2 , титровали 0,5 N водным раствором NaOH с тимолфталейном до появления светло-голубой окраски (V_5).

Массовую долю аминного азота в мг% (мг/100 г) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(V_3 - V_4 - V_5) \times K \times 7 \times V_1}{V_2 \times M} \times 100,$$

где V_3 - количество (в мл) 0,5 N раствора NaOH, пошедшего на титрование фильтрата образца с формалином; V_2 - количество (в мл) 0,5 N раствора NaOH, пошедшего на титрование фильтрата образца; V_3 - количество (в мл) 0,5 N раствора NaOH, пошедшего на титрование формалина; K - поправочный коэффициент для 0,5 N раствора NaOH; 7 - эквивалентное количество аминного азота, соответствующее 1 см³ 0,5 N раствора NaOH, мг; V_1 - объем колбы разведения, мл; V_2 - объем фильтрата образца, взятого на титрование, мл; M - навеска исследуемого образца, г; 100 - пересчет на 100 г.

В результате экспериментальных исследований установлено, что для малосоленого филе, изготовленного путем посола солью без применения созревателей, значение содержания концевых аминогрупп (ФТА) для качественной созревшей продукции должно составлять 110-140 мг/100 г продукта, тогда как значение буферности - в пределах 40-45 град.

ВЫВОДЫ

Разработана методика определения степени созревания филе сельди малосоленого. Предложено регламентировать содержание концевых аминогрупп в качественной созревшей продукции в количестве 110-140 мг/100 г продукта, значение буферности - 40-45 град.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. Утв. распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р.
2. Шендерюк, В. И. Производство слабосоленой рыбы / В. И. Шендерюк. - Москва: Пищевая промышленность, 1976. - 175 с.
3. Сафронова, Т. М. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции / Т. М. Сафронова. - Москва: ВНИРО, 1998. - 224 с.

4. Лазаревский, А. А. Технохимический контроль в рыбоперерабатывающей промышленности / А. А. Лазаревский. – Москва, 1955. – 519 с.
5. Черногорцев, А. П. Определение степени и продолжительности созревания кишечных презервов / А. П. Черногорцев // Рыбное хозяйство. - 1957. – № 3. – С. 82-88.
6. Государственная фармакопея Российской Федерации: в 2 ч. – Москва, 2010. – Ч. 2.
7. Ciampa A., Picone G., Laghi L., Nikzad H., Capozzi F. Changes in the Amino Acid Composition of Bogue (*Boopsboops*) Fish during Storage at different Temperatures by ¹H- NMR Spectroscopy. *Nutrients*, 2012, iss. 4(6), pp. 542-553.
8. Shumilina E., Ciampa A., Capozzi F., Rustad T., Dikiy A. NMR approach for monitoring post-mortem changes in Atlantic salmon fillets stored at 0 and 4°C. *Food Chemistry*, 2015, no. 184, pp. 12-22.

REFERENCES

1. Strategiya povysheniya kachestva pishchevoj produkcii v Rossijskoj Federacii do 2030 g. [Strategy for quality improvement of food products in the Russian Federation until 2030]. Utv. Rasporyazhenie Pravitel'stva 29 iyunya 2016 g. № 1364-r.
2. Shenderyuk V. I. *Proizvodstvo slabosolenoj ryby* [Production of slightly salted fish]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1976, 175 p.
3. Safronova T. M. *Spravochnik degustatora ryby i rybnoj produkcii* [Reference book for a taster of fish and fish products]. Moscow, VNIRO, 1998, 224 p.
4. Lazarevskij A. A. *Tekhno-himicheskij kontrol' v rybopererabatyvayushchej promyshlennosti* [Techno-chemical control in fish processing industry]. Moscow, 1955, 519 p.
5. Chernogorcev A. P. *Opredelenie stepeni i prodolzhitel'nosti sozrevaniya kilechnyh prezervov* [Assessment of the degree and duration of maturation of sprat preserves]. *Rybnoe hozyajstvo*, 1957, vol. 3, pp. 82-88.
6. Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossijskoj Federacii [State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. Moscow, part 2, 2010.
7. Ciampa A., Picone G., Laghi L., Nikzad H., Capozzi F. Changes in the Amino Acid Composition of Bogue (*Boopsboops*) Fish during Storage at different Temperatures by ¹H- NMR Spectroscopy. *Nutrients*, 2012, iss. 4(6), pp. 542-553.
8. Shumilina E., Ciampa A., Capozzi F., Rustad T., Dikiy A. NMR approach for monitoring post-mortem changes in Atlantic salmon fillets stored at 0 and 4°C. *Food Chemistry*, 2015, no. 184, pp. 12-22.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамова Любовь Сергеевна – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; доктор технических наук, профессор;
советник директора по рациональному использованию водных биоресурсов;
E-mail: abramova@vniro.ru

Abramova Liubov Sergeevna – Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; Doctor of Technical Sciences, Professor; Advisor of Director; E-mail: abramova@vniro.ru

Гофербер Екатерина Петровна – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; аспирант; E-mail: katrin_mix@mail.ru

Goferber Ekaterina Petrovna – Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; postgraduate student; E-mail: katrin_mix@mail.ru

УДК 664.9.022

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛ НОРМАЛЬНОГО
КОНТАКТНОГО ДАВЛЕНИЯ НА НАКЛОННЫЕ ГРАНИ НОЖА ПРИ
РЕЗАНИИ РЫБЫ

О. В. Агеев, В. А. Наумов, Ю. А. Фатыхов, Н. В. Самойлова

MATHEMATICAL SIMULATION OF NORMAL CONTACT PRESSURE FORCES
ON INCLINED KNIFE EDGES DURING FISH CUTTING

O. V. Ageev, V. A. Naumov, Ju. A. Fatykhov, N. V. Samojlova

Рассмотрена система сил полезных и вредных сопротивлений, действующих на нож при резании рыбы. Реологические свойства рыбы описаны трехэлементной моделью линейно вязкоупругого материала. На основе дифференциального уравнения его состояния разработана математическая модель для определения нормального контактного давления на наклонную грань ножа. Предложены математические модели для расчета силы нормального контактного давления, а также безразмерной силы. Разработана математическая модель для расчета максимальной силы нормального контактного давления. Установлено, что нормальное контактное давление и сила нормального контактного давления на наклонную грань строго монотонно и нелинейно возрастают по мере погружения ножа в материал. При полном погружении наклонной грани в ткани рыбы указанная сила достигает максимального значения и при установившемся движении ножа не изменяется. Выявлено, что максимальная сила существенно зависит от скорости лишь при малых значениях скорости ножа, а предела достигает с ростом скорости вследствие предельного увеличения динамической жесткости материала. При постоянных реологических свойствах материала, половине угла заточки 6 град и половинах толщины ножа 1 мм; 1,5; 2; 2,5 мм предел максимальной силы составляет 0,7 Н; 1,6; 2,8; 4,4 Н соответственно. При половине угла заточки 6 град, коэффициенте динамической вязкости $5 \cdot 10^7$ Н·с/м² и мгновенном модуле упругости $1,5 \cdot 10^5$ Н/м²; $2 \cdot 10^5$ Н; $2,5 \cdot 10^5$; $3 \cdot 10^5$ Н/м² предел максимальной силы составляет 2,1 Н, 2,8; 3,5; 4,2 Н соответственно. На основании результатов моделирования рекомендуется осуществлять резание сырья до стадии посмертного окоченения. Кроме того, резание целесообразно выполнять на стадии автолиза после разрешения посмертного окоченения до наступления порчи сырья. Также рекомендуется осуществлять резание при увеличении температуры сырья и уменьшать толщину ножа.

рыба, резание, нож, грань, реология, вязкоупругость, давление, сила, трение, модель, моделирование

The paper considers a system of forces of useful and harmful resistances acting on a knife during fish cutting. Rheological characteristics of fish have been described by

a three-element model of a linear viscoelastic material. Based on the differential equation of material state, a mathematical model has been developed for normal contact pressure on the inclined knife edge. Mathematical models for the normal contact pressure force, as well as for a dimensionless force have been proposed. A mathematical model has been developed for the maximum normal contact pressure force. It has been established that the normal contact pressure and the normal contact pressure force on the inclined edge are strictly monotonically and nonlinearly increasing as the knife is immersed into the material. When the inclined edge is completely immersed into the fish tissue, this force reaches its maximum value and does not change with the steady motion of the knife. It is established that the maximum force of the normal contact pressure essentially depends on the velocity only for small knife speed values, and also reaches a limit with increasing speed due to the extreme increasing in the dynamic stiffness of the material. If the rheological characteristics of the material are constant, the half of the sharpening angle is 6 deg and half of the knife thickness - 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, 2.5 mm, then the maximum force limit is 0.7 N, 1.6 N, 2.8 N, 4.4 N, respectively. At a half of the sharpening angle equal to 6 degrees, the dynamic viscosity coefficient of $5 \cdot 10^7$ N·s/m² and the elasticity instantaneous modulus of $1.5 \cdot 10^5$ N/m², $2 \cdot 10^5$ N/m², $2.5 \cdot 10^5$ N/m², $3 \cdot 10^5$ N/m², the maximum force limit is 2.1 N, 2.8 N, 3.5 N, 4.2 N, respectively. Based on the simulation results, it is recommended to cut the raw material before death stiffening. In addition, it is recommended to perform the fish cutting at the stage of autolysis after death stiffening and before raw material damage. It is also recommended to cut with increasing raw material temperature and to reduce the knife thickness.

fish, cutting, knife, edge, rheology, viscoelasticity, pressure, force, friction, model, simulation

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время резание рыбы лезвием является основным технологическим процессом при первичной обработке сырья. Этот процесс осуществляется ножами различных видов, которые приводятся в движение электродвигателями. Для правильного выбора параметров электропривода необходимо знать силы, приложенные к лезвию со стороны объекта обработки.

Согласно работе [1] силы, приложенные к режущему инструменту со стороны рыбы, разделены на силы полезных и вредных сопротивлений. Силы полезных сопротивлений преодолеваются ножом при разрушении материала режущей кромкой, а силы вредных сопротивлений действуют на боковые и наклонные грани ножа, препятствуя его движению в материале. Затраты энергии на преодоление сил вредных сопротивлений не расходуются на полезное разрушение материала, в связи с чем необходима их минимизация.

На рис. 1 показана система сил, действующих на нож с двухсторонней заточкой со стороны материала: сила полезного сопротивления разрушению материала \vec{P}_1 ; сила нормального контактного давления на наклонную грань ножа \vec{P}_2 ; сила нормального контактного давления на боковую грань ножа \vec{P}_3 ; сила трения на боковой грани ножа \vec{F}_1 ; сила трения на наклонной грани ножа \vec{F}_2 ; сила инерции \vec{P}_4 , приложенная к ножу от пришедших в движение масс раздвигаемого

материала. Нож преодолевает силы сопротивлений и перемещается в материале с постоянной скоростью под действием движущей силы \vec{R} . Силы, действующие на левую половину ножа, на рис. 1 условно не показаны.

Силы $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{P}_2, \vec{P}_3, \vec{P}_4$ являются силами вредных сопротивлений. Как видно из рис.1, силы трения \vec{F}_1, \vec{F}_2 оказывают сопротивление движению ножа в материале. Силы нормальных контактных давлений $\vec{P}_2, \vec{P}_3, \vec{P}_4$ движению ножа сопротивления не оказывают, поскольку являются нормальными к вектору скорости ножа, однако влияют на силы трения. При этом считается, что касательные напряжения в разрезаемом материале отсутствуют.

Согласно работе [2] силой инерции раздвигаемого материала \vec{P}_4 возможно пренебречь, поскольку скорость движения ножа во много раз меньше скорости распространения механических волн в вязкоупругом материале. В связи с этим диссипация энергии в вязкоупругом теле приписывается силам трения. Для определения сил трения необходимо знать силы нормальных контактных давлений на нож в процессе его скольжения в материале.

При определении сил вредных сопротивлений в работе [1] принято допущение, что мышечная ткань рыбы обладает свойствами абсолютно упругого материала. Однако она состоит из упругих и вязких элементов, занимая промежуточное положение между твердыми и жидкими телами [3].

Структурно-механические свойства рыбы исследованы в работе [4]. Проведены подбор и идентификация механической модели реологических свойств рыбы. Показано, что механическому поведению ткани рыбы соответствует трехэлементная модель вязкоупругого материала, называемая моделью Кельвина и стандартным вязкоупругим телом (рис. 2). При этом принято, что вязкоупругость имеет линейный характер. Модель хорошо согласуется с результатами экспериментальных исследований [4].

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Учитывая геометрическую форму ножа и характер его фрикционного взаимодействия с материалом, в соответствии с работой [2] возможно считать половину ножа штампом, внедренным в линейно вязкоупругое основание и скользящим по нему. В такой постановке определим силы нормальных контактных давлений на гранях ножа.

Запишем известное дифференциальное уравнение [см., например, 5], описывающее механическое поведение линейно вязкоупругого материала в соответствии с моделью, приведенной на рис. 2 [6]:

$$\frac{d\sigma}{dt} + \frac{E_0 + E_1}{\eta} \sigma = \frac{d\varepsilon}{dt} E_0 + \frac{E_0 E_1}{\eta} \varepsilon, \quad 1)$$

где σ – напряжение в материале; ε – относительная деформация материала; E_0 – мгновенный модуль упругости материала; E_1 – запаздывающий модуль упругости материала; η – коэффициент динамической вязкости материала; t – время.

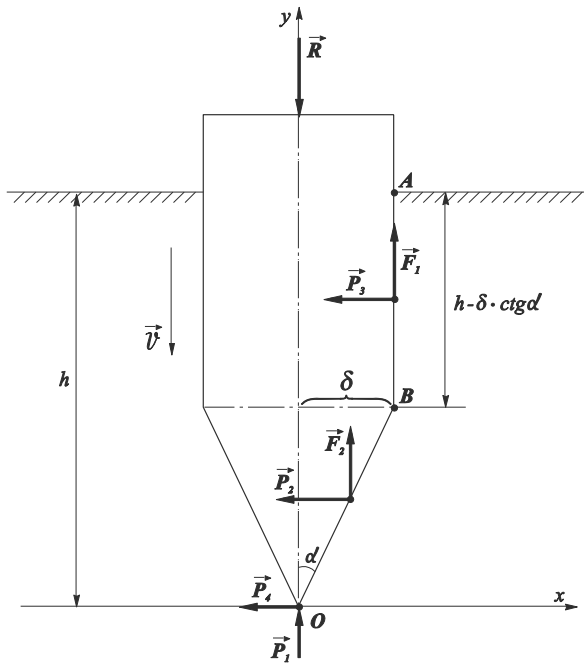


Рис. 1. Система сил, действующих на нож со стороны материала
 Fig. 1. System of forces acting on the knife from the material side

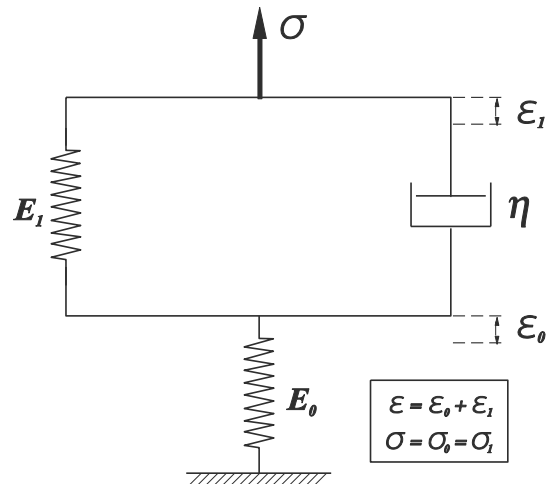


Рис. 2. Реологическая трехэлементная модель рыбы
 Fig. 2. Rheological three-element fish model

Рассмотрим процесс раздвижения материала наклонной гранью ножа с двухсторонней заточкой (рис. 3). Сила нормальных контактных давлений на наклонную грань (отрезок OC) обусловлена напряжениями в деформируемой мышечной ткани рыбы. Из рис. 3 видим, что относительная деформация сжатия материала при погружении наклонной грани в материал изменяется от нуля до максимального значения, равного δ/l , где δ – половина толщины ножа, l – первоначальная толщина материала в направлении деформации.

Увеличение деформации в процессе раздвижения приводит к росту напряжений в материале. Следовательно, для нахождения нормальных контактных давлений материала на наклонную грань необходимо решить задачу определения напряжений в вязкоупругом материале при изменении деформации. Будем считать, что напряжения в материале возникают только в области контакта его с лезвием и являются нормальными к поверхности ножа, а касательные напряжения отсутствуют.

Заметим, что в связи с плоской формой наклонной грани при установившемся движении ножа рост деформации происходит с постоянной скоростью $v \cdot \text{tg} \alpha$, где v – скорость движения ножа в материале; α – половина угла заточки ножа. Тогда при раздвижении материала наклонной гранью относительная деформация зависит от времени t , скорости движения ножа в материале v и половины угла заточки ножа α следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{v \cdot \operatorname{tg} \alpha}{l} \cdot t; \quad \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{v \cdot \operatorname{tg} \alpha}{l}. \quad (2)$$

С учетом (2) преобразуем дифференциальное уравнение состояния материала (1) к следующему виду:

$$\frac{d\sigma_{\text{накл}}}{dt} + \frac{E_0 + E_1}{\eta} \sigma_{\text{накл}} = \frac{v \cdot \operatorname{tg} \alpha}{l} E_0 + \frac{E_0 \cdot E_1}{\eta} \cdot \frac{v \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot t}{l}. \quad (3)$$

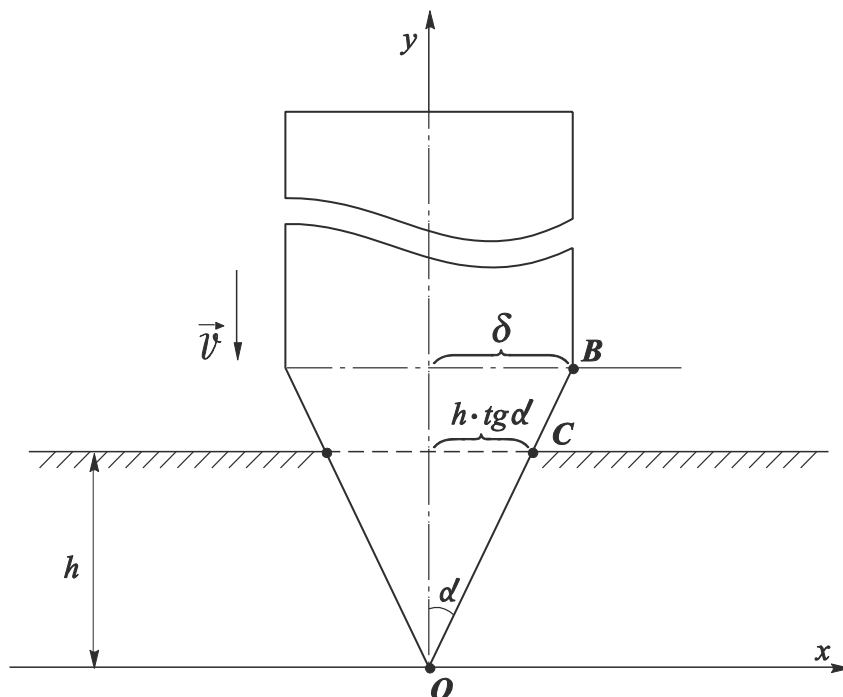


Рис. 3. Схема погружения наклонных граней ножа в материал
Fig. 3. Schematic diagram of inclined knife facets immersion into a material

В результате решения полученного дифференциального уравнения (3) с начальным условием ($t = 0; \sigma_{\text{накл}} = 0$) имеем:

$$\sigma_{\text{накл}} = \frac{E_0 \cdot E_1 \cdot v \cdot \operatorname{tg} \alpha}{(E_0 + E_1) \cdot l} \cdot t + \frac{E_0^2 \cdot \eta \cdot v \cdot \operatorname{tg} \alpha}{(E_0 + E_1)^2 \cdot l} \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{E_0 + E_1}{\eta} t\right) \right). \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что напряжение в мышечной ткани рыбы при раздвижении материала наклонной гранью увеличивается за счет упругих свойств материала (первый член выражения (4)) и за счет вязкоупругих свойств (второй член выражения (4)).

Перейдем к подвижной системе координат (x, y) , связанной с режущей кромкой ножа (рис. 3). В подвижной системе напряжение является функцией координаты. Введем следующие обозначения:

$$\xi = \frac{E_0 \cdot E_1}{E_0 + E_1}; \quad k = -\frac{E_0 + E_1}{\eta \cdot \nu}. \quad (5)$$

Интерпретируем напряжение в материале как нормальное контактное давление на наклонную грань ножа $p_{накл} = \sigma_{накл}$ и получим из (4):

$$p_{накл} = \frac{\xi \cdot tg\alpha}{l} \cdot y + \frac{\xi^2 \cdot \eta \cdot \nu \cdot tg\alpha}{E_1^2 \cdot l} \cdot (1 - \exp(k \cdot y)). \quad (6)$$

где y – координата режущей кромки ножа в материале.

Элемент силы нормального контактного давления, действующей на наклонную грань ножа в элементарной полоске dy длиной l_k :

$$dP_2 = l_k \cdot p_{накл} \cdot dy, \quad (7)$$

где l_k – длина режущей кромки ножа.

Сила нормального контактного давления на наклонную грань ножа с учетом (5) и (6) определяется следующим выражением:

$$P_2 = \frac{l_k \cdot \xi \cdot tg\alpha}{l} \cdot \int_0^h \left[y + \frac{\xi \cdot \eta \cdot \nu}{E_1^2} \cdot (1 - \exp(k \cdot y)) \right] dy, \quad (8)$$

где h – глубина погружения режущей кромки в материал. Отметим, что при $l_k = 1$ сила P_2 является удельной силой нормального контактного давления на наклонную грань.

Используем формулу Ньютона-Лейбница и получим выражение для силы нормального контактного давления на наклонную грань ножа:

$$P_2 = l_k \cdot \left[\frac{\xi \cdot tg\alpha}{2 \cdot l} \cdot h^2 + \frac{\xi^2 \cdot \eta \cdot \nu \cdot tg\alpha}{E_1^2 \cdot l} \cdot \left(h + \frac{1 - \exp(k \cdot h)}{k} \right) \right]. \quad (9)$$

Окончательно:

$$P_2 = \frac{l_k \cdot \xi \cdot tg\alpha}{l} \cdot \left[\frac{h^2}{2} + \frac{\xi \cdot \eta \cdot \nu}{E_1^2} \cdot \left(h + \frac{1 - \exp(k \cdot h)}{k} \right) \right]. \quad (10)$$

Заметим, что при полном погружении наклонной грани ножа (участок OB) в материал $h_m = \delta / tg\alpha$. В этом случае при установившемся движении ножа сила

нормального контактного давления на наклонную грань достигает максимального значения и становится постоянной:

$$P_2^m = \frac{l_k \cdot \xi \cdot \operatorname{tg} \alpha}{l} \cdot \left[\frac{\delta^2}{2 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha} + \frac{\xi \cdot \eta \cdot v}{E_1^2} \cdot \left(\frac{\delta}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{1 - \exp(k \cdot \delta / \operatorname{tg} \alpha)}{k} \right) \right] \quad (11)$$

Как видно из выражения (11), максимальная сила нормального контактного давления на наклонную грань зависит от вязкоупругих свойств рыбы, конструктивных параметров и скорости движения ножа.

Введем безразмерную глубину погружения ножа в материал и безразмерную скорость ножа:

$$\bar{h} = \frac{h}{h_m}; \quad \bar{v} = \frac{v}{v_n} = \frac{v \cdot \eta}{h_m \cdot (E_0 + E_1)}; \quad v = \bar{v} \cdot \frac{h_m \cdot (E_0 + E_1)}{\eta}, \quad (12)$$

где $v_n = \frac{h_m \cdot (E_0 + E_1)}{\eta}$ – характерная скорость, зависящая от ползучести

вязкоупругого материала, деформируемого наклонной гранью ножа заданного размера. Безразмерная скорость ножа зависит от скорости его погружения в материал и реологических свойств рыбы.

С учетом (15) выразим силу нормального контактного давления на наклонную грань ножа через безразмерную глубину его погружения в материал и безразмерную скорость:

$$P_2 = P_0 \cdot \left[0,5 \cdot \bar{h}^2 + \bar{v} \cdot \left(\bar{h} + (\exp(-\bar{h} / \bar{v}) - 1) \cdot \bar{v} \right) \cdot \frac{E_0}{E_1} \right], \quad (13)$$

где $P_0 = \frac{l_k \cdot E_0 \cdot \delta^2}{(1 + E_0 / E_1) \cdot l \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{l_k \cdot \delta^2 \cdot \xi}{l \cdot \operatorname{tg} \alpha}$, Н.

Поскольку при полном погружении наклонной грани в материал $\bar{h} = 1$, из (16) выразим максимальную силу нормального контактного давления на наклонную грань ножа через безразмерную глубину его погружения в материал и безразмерную скорость:

$$P_2^m = P_0 \cdot \left[0,5 + \bar{v} \cdot \left(1 + (\exp(-1 / \bar{v}) - 1) \cdot \bar{v} \right) \cdot \frac{E_0}{E_1} \right]. \quad (14)$$

Введем безразмерную силу нормального контактного давления на наклонную грань, которая не зависит от угла заточки и толщины ножа:

$$\bar{P}_2 = 0,5 \cdot \bar{h}^2 + \bar{v} \cdot (\bar{h} + (\exp(-\bar{h}/\bar{v}) - 1) \cdot \bar{v}) \cdot E_0/E_1 . \quad (15)$$

Выразим безразмерную максимальную силу нормального контактного давления на наклонную грань, которая также не зависит от вышеуказанных конструктивных параметров ножа:

$$\bar{P}_2^m = 0,5 + \bar{v} \cdot (1 + (\exp(-1/\bar{v}) - 1) \cdot \bar{v}) \cdot E_0/E_1 . \quad (16)$$

Разработанные модели (16)–(19) позволяют варьировать геометрическими параметрами ножа, реологическими свойствами рыбы и режимом резания для исследования зависимостей сил нормального контактного давления от указанных параметров. В таблице приведены реологические параметры мышечной ткани скумбрии, идентифицированные в работе [4].

При численном моделировании приняты следующие параметры процесса резания: половина угла заточки $\alpha = 6$ град; половина толщины ножа $\delta = 0,002$ м; толщина материала $l = 0,05$ м; скорость движения ножа $v = 0,1$ м/с; длина режущей кромки $l_k = 0,1$ м; длина ножа $R = 0,1$ м.

Таблица. Реологические параметры мышечной ткани рыбы [4]

Table. Rheological parameters of fish muscle tissue [4]

№ п/п	Мгновенный модуль упругости E_0 , Н/м ²	Запаздывающий модуль упругости E_1 , Н/м ²	Коэффициент динамической вязкости η , Н·с/м ²
1	$1,5 \cdot 10^5$	$0,1 \cdot 10^5$	$250 \cdot 10^5$
2	$2 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^5$	$500 \cdot 10^5$
3	$2,5 \cdot 10^5$	$0,6 \cdot 10^5$	$1000 \cdot 10^5$
4	$3 \cdot 10^5$	$0,8 \cdot 10^5$	$1500 \cdot 10^5$

На рис. 4 приведены зависимости силы нормального контактного давления на наклонную грань от безразмерной глубины погружения ножа в материал при различных половинах угла его заточки и различных половинах толщины. На рис. 5 показаны зависимости силы нормального контактного давления на наклонную грань от безразмерной глубины погружения при различных реологических свойствах рыбы и различных значениях коэффициента динамической вязкости материала. На рис. 6 изображены зависимости максимальной силы нормального контактного давления на наклонную грань от безразмерной скорости ножа при различных половинах угла заточки ножа и различных половинах его толщины. На рис. 7 приведены зависимости максимальной силы нормального контактного давления на наклонную грань от безразмерной скорости ножа при различных реологических свойствах рыбы и различных значениях мгновенного модуля упругости материала. На рис. 8 показаны зависимости безразмерной максимальной силы нормального контактного давления на наклонную грань от безразмерной скорости ножа и безразмерной глубины погружения при различных значениях мгновенного модуля упругости материала.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В работе [4] введен критерий физико-механических свойств рыбы – жесткость, которая является отношением работы сжатия ткани рыбы к площади сжатия. Данный критерий учитывает как упругую, так и вязкую составляющие тела рыбы, в связи с чем в значительной мере оценивает структурно-механические свойства рыбы. Установлено [4], что чем выше сопротивляемость сжатию ткани рыбы, тем выше ее жесткость.

Наряду с этим, в работе [3] для оценки физико-механических свойств рыбы использован такой критерий, как эластичность, которая характеризует податливость материала при воздействии внешней нагрузки. С эластичностью непосредственно связан такой реологический параметр, как угол прогиба рыбы под воздействием внешней силы [3]. По данным работ [3, 4] жесткость и эластичность рыбы на различных стадиях хранения рыбы после вылова связаны обратно пропорциональной зависимостью.

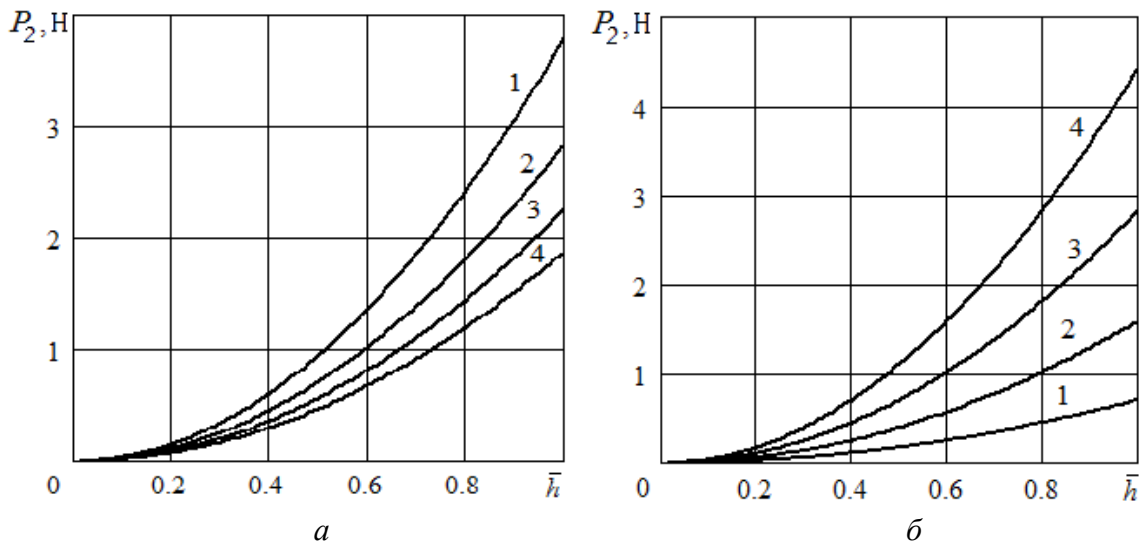


Рис. 4. Зависимость силы нормального контактного давления на наклонную грань от безразмерной глубины погружения ножа

$$(\bar{\nu} = 50, E_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2; E_0/E_1 = 7):$$

a – при различных половинах угла заточки ножа ($\delta = 2$ мм):

1 – $\alpha = 6$ град; 2 – $\alpha = 8$ град; 3 – $\alpha = 10$ град; 4 – $\alpha = 12$ град;

b – при различных половинах толщины ножа ($\alpha = 8$ град):

1 – $\delta = 1$ мм; 2 – $\delta = 1,5$ мм; 3 – $\delta = 2$ мм; 4 – $\delta = 2,5$ мм

Fig. 4. Relationship between the normal contact pressure force on the inclined facet and the dimensionless depth of the knife immersion

$$(\bar{\nu} = 50, E_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2; E_0/E_1 = 7):$$

a – at different halves of the knife sharpening angle ($\delta = 2$ mm):

1 – $\alpha = 6$ deg; 2 – $\alpha = 8$ deg; 3 – $\alpha = 10$ deg; 4 – $\alpha = 12$ deg;

b – at different halves of knife thickness ($\alpha = 8$ deg): 1 – $\delta = 1$ mm;

2 – $\delta = 1.5$ mm; 3 – $\delta = 2$ mm; 4 – $\delta = 2.5$ mm

Анализ выражения (6) показывает, что нормальное контактное давление на наклонную грань ножа строго монотонно и нелинейно возрастает по мере погружения его в материал. Это объясняется увеличением области контакта и расширяющимся раздвижением материала наклонной гранью. Кроме того, из выражения (6) следует, что нормальное контактное давление на рассматриваемую грань зависит от угла заточки и скорости движения ножа и реологических свойств рыбы.

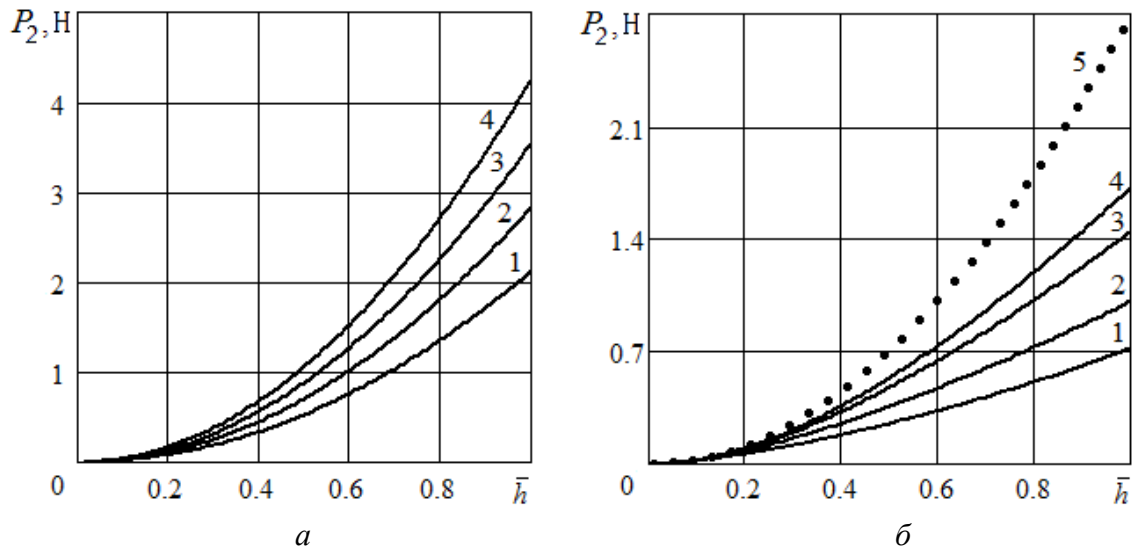


Рис. 5. Зависимость силы нормального контактного давления на наклонную грань ножа от безразмерной глубины его погружения;

a – при различных реологических свойствах рыбы в табл. 1 ($\bar{v} = 50$);

b – при различных коэффициентах динамической вязкости рыбы

($E_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$; $E_0/E_1 = 6,68$):

1 – $\eta = 2,5 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$; 2 – $\eta = 5 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$; 3 – $\eta = 10^8 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$;

4 – $\eta = 1,5 \cdot 10^8 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$;

1, 2, 3, 4 – при очень малой скорости $v = 10^{-5} \text{ м/с}$;

5 – при скорости $v = 10^{-2} \text{ м/с}$ и всех η

Fig. 5. Relationship between the normal contact pressure force on the inclined knife facet and the dimensionless depth of the knife immersion;

a – at different rheological fish characteristics presented in the table. 1 ($\bar{v} = 50$);

b – at different fish dynamic viscosity coefficients

($E_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$; $E_0/E_1 = 6.68$):

1 – $\eta = 2.5 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$; 2 – $\eta = 5 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$; 3 – $\eta = 10^8 \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$;

4 – $\eta = 1.5 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$;

1, 2, 3, 4 – at very low speed $v = 10^{-5} \text{ m/s}$;

5 – at speed $v = 10^{-2} \text{ m/s}$ and all η

В целом величина нормального контактного давления зависит от упругих (первый член выражения (6)) и вязкоупругих (второй член выражения (6)) свойств сырья.

Результаты моделирования, представленные на рис. 4, показывают, что сила нормального контактного давления на наклонную грань возрастает строго монотонно и нелинейно по мере погружения режущей кромки ножа в материал. При полном погружении наклонной грани в ткани рыбы указанная сила достигает максимального значения и при установившемся движении ножа не изменяется.

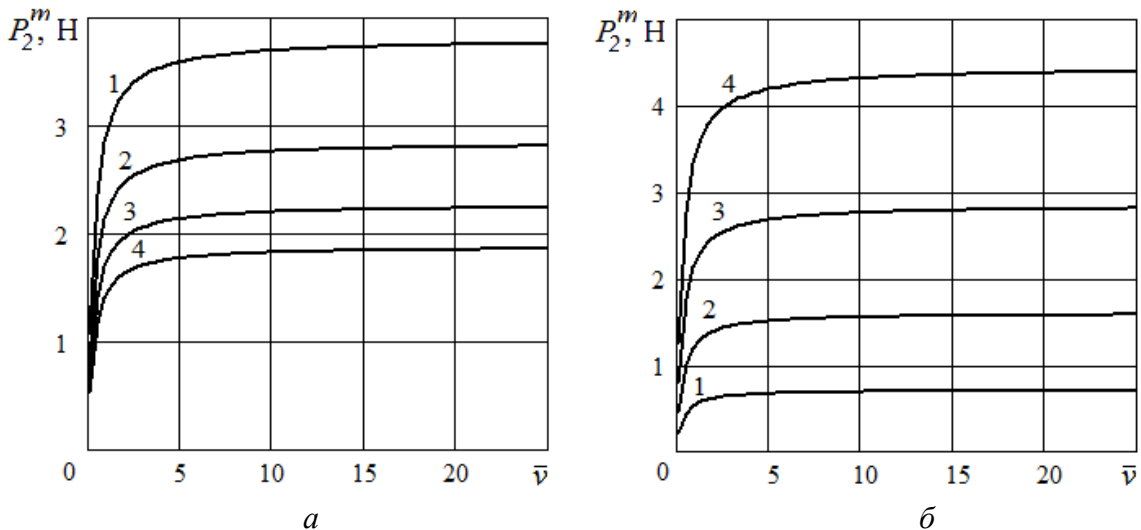


Рис. 6. Зависимость максимальной силы нормального контактного давления на наклонную грань от безразмерной скорости ножа ($E_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$; $E_0/E_1 = 7$);

a – при различных половинах угла заточки ножа ($\delta = 2 \text{ мм}$):

1 – $\alpha = 6$ град; 2 – $\alpha = 8$ град; 3 – $\alpha = 10$ град; 4 – $\alpha = 12$ град;

b – при различных половинах толщины ножа ($\alpha = 8$ град): 1 – $\delta = 1 \text{ мм}$;

2 – $\delta = 1,5 \text{ мм}$; 3 – $\delta = 2 \text{ мм}$; 4 – $\delta = 2,5 \text{ мм}$

Fig. 6. Relationship between the maximum force of the normal contact pressure on the inclined facet and the dimensionless knife speed ($E_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$; $E_0/E_1 = 7$);

a – at different halves of the knife sharpening angle ($\delta = 2 \text{ mm}$):

1 – $\alpha = 6$ deg; 2 – $\alpha = 8$ deg; 3 – $\alpha = 10$ deg; 4 – $\alpha = 12$ deg;

b – at different halves of the knife thickness ($\alpha = 8$ deg): 1 – $\delta = 1 \text{ mm}$;

2 – $\delta = 1.5 \text{ mm}$; 3 – $\delta = 2 \text{ mm}$; 4 – $\delta = 2.5 \text{ mm}$

Рис. 4, a иллюстрирует, что при увеличении угла заточки ножа и постоянной толщине его лезвия сила нормального контактного давления на наклонную грань уменьшается. Это обусловлено сокращением площади контакта материала с наклонной гранью ножа при затуплении лезвия вследствие стачивания данной грани.

Рис. 4, b демонстрирует, что при увеличении толщины ножа сила нормального контактного давления на наклонную грань возрастает. Причиной этого является увеличение площади контакта материала с наклонной гранью. Таким образом, для уменьшения силы нормального контактного давления на

наклонную грань при постоянном угле заточки требуется снижение толщины ножа.

На рис. 5 приведены результаты анализа влияния реологических свойств рыбы на силы нормального контактного давления на наклонную грань ножа. Рис. 5, *а* показывает, что при увеличении жесткости рыбы указанная сила существенно возрастает.

Рис. 5, *б* иллюстрирует, что при повышении вязкости материала указанная сила также возрастает. Однако такая зависимость проявляется лишь при малых скоростях ножа.

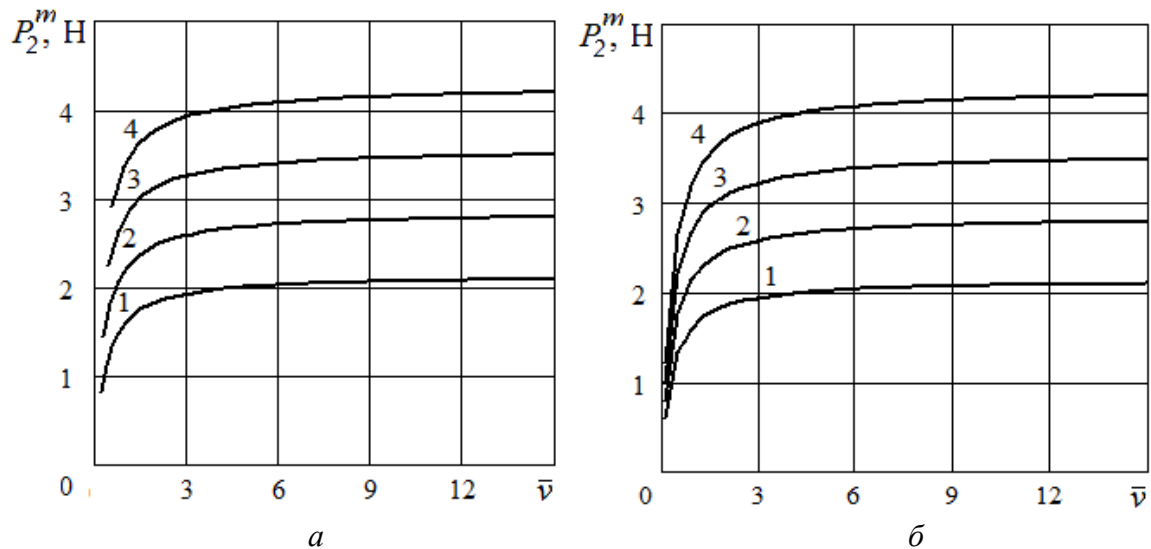


Рис. 7. Зависимость максимальной силы нормального контактного давления на наклонную грань от безразмерной скорости ножа ($\alpha = 6$ град);

а – при различных реологических свойствах рыбы (таблица);

б – при различных значениях E_0 : 1 – $E_0 = 1,5 \cdot 10^5$ Н/м²; 2 – $E_0 = 2 \cdot 10^5$ Н/м²;

3 – $E_0 = 2,5 \cdot 10^5$ Н/м²; 4 – $E_0 = 3 \cdot 10^5$ Н/м² ($E_0/E_1 = 7$, $\eta = 5 \cdot 10^7$ Н·с/м²)

Fig. 7. Relationship between the maximum force of the normal contact pressure on the inclined facet and the dimensionless knife speed ($\alpha = 6$ deg);

a – at different rheological fish properties presented in the table. 1;

b – at different values E_0 : 1 – $E_0 = 1.5 \cdot 10^5$ N/m²; 2 – $E_0 = 2 \cdot 10^5$ N/m²;

3 – $E_0 = 2.5 \cdot 10^5$ N/m²; 4 – $E_0 = 3 \cdot 10^5$ N/m² ($E_0/E_1 = 7$, $\eta = 5 \cdot 10^7$ N·s/m²)

При высокой скорости движения ножа вязкие свойства рыбы перестают оказывать влияние на силу нормального контактного давления на наклонную грань. Это позволяет заключить, что по мере увеличения скорости ножа у сырья упругие свойства преобладают над вязкими.

Результаты анализа влияния безразмерной скорости ножа на максимальную силу нормального контактного давления, представленные на рис. 6, также иллюстрируют вышеизложенные заключения и дополнительно показывают, что указанная сила существенно зависит от скорости лишь при малых значениях скорости ножа. По мере увеличения скорости сила существенно

возрастает, однако при достижении определенной скорости рост замедляется и сила нормального контактного давления практически достигает предела.

При постоянных реологических свойствах материала ($E_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$; $E_0/E_1 = 7$), половине толщины ножа $\delta = 2 \text{ мм}$ и половине угла заточки ножа $\alpha = 6 \text{ град}$ предел максимальной силы нормального контактного давления составляет 3,7 Н; при $\alpha = 8 \text{ град}$ указанный предел 2,8 Н; при $\alpha = 10 \text{ град}$ – 2,3 Н; при $\alpha = 12 \text{ град}$ – 1,9 Н соответственно.

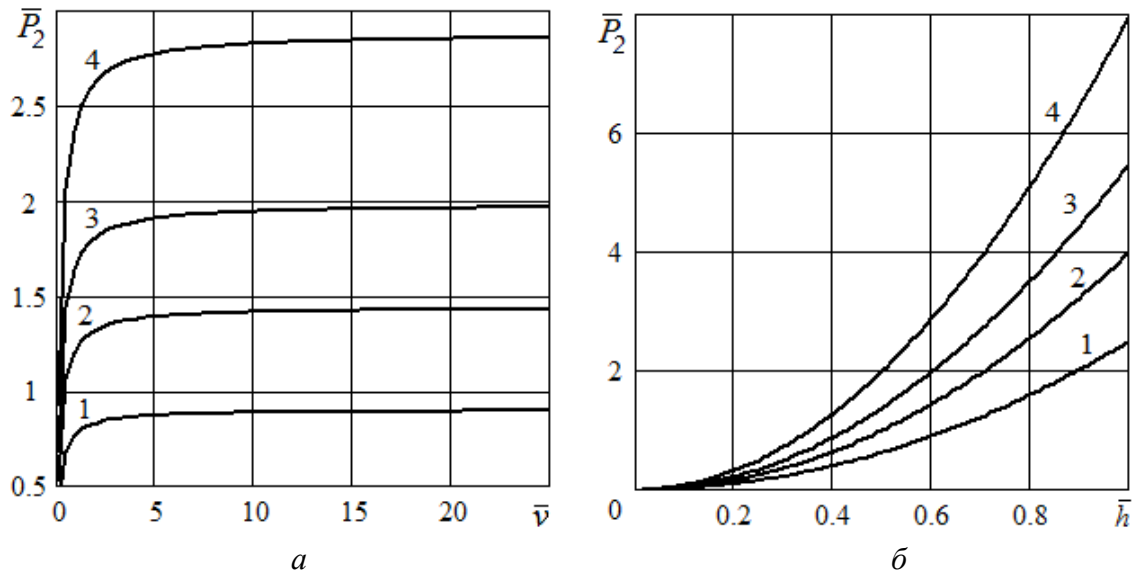


Рис. 8. Безразмерная сила нормального контактного давления на наклонную грань ножа:

- 1 – $E_0 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $E_0/E_1 = 4$; 2 – $E_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $E_0/E_1 = 7$;
 3 – $E_0 = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $E_0/E_1 = 10$; 4 – $E_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $E_0/E_1 = 15$.

a – зависимость от безразмерной скорости ($\bar{h} = 0,6$);

b – от безразмерной глубины погружения ножа ($\bar{v} = 50$)

Fig.8. Dimensionless force of the normal contact pressure on the inclined knife facet:

- 1 – $E_0 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $E_0/E_1 = 4$; 2 – $E_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $E_0/E_1 = 7$;
 3 – $E_0 = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $E_0/E_1 = 10$; 4 – $E_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$; $E_0/E_1 = 15$.

a – dependence on the dimensionless speed ($\bar{h} = 0.6$);

b – dependence on the dimensionless knife immersion depth ($\bar{v} = 50$)

При указанных реологических свойствах материала, половине угла заточки ножа $\alpha = 8 \text{ град}$ и половине толщины ножа $\delta = 1 \text{ мм}$ предел максимальной силы нормального контактного давления составляет 0,7 Н; при $\delta = 1,5 \text{ мм}$ указанный предел 1,6 Н; при $\delta = 2 \text{ мм}$ – 2,8 Н; при $\delta = 2,5 \text{ мм}$ – 4,4 Н соответственно.

Рис. 7, a иллюстрирует существенное возрастание силы нормального контактного давления на наклонную грань при усилении жесткости рыбы.

Данные рис. 7, б показывают, что при высоких скоростях ножа на указанную силу существенное влияние оказывает мгновенный модуль упругости, подтверждая вывод о преобладании упругих свойств рыбы над вязкими при высоких скоростях резания. С ростом мгновенного модуля упругости материала указанная сила существенно увеличивается.

При постоянных половине угла заточки ножа $\alpha = 6$ град, отношении $E_0/E_1 = 7$, коэффициенте динамической вязкости $\eta = 5 \cdot 10^7$ Н·с/м² и мгновенном модуле упругости $E_0 = 1,5 \cdot 10^5$ Н/м² предел максимальной силы нормального контактного давления составляет 2,1 Н; при $E_0 = 2 \cdot 10^5$ Н/м² указанный предел 2,8 Н; при $E_0 = 2,5 \cdot 10^5$ Н/м² – 3,5 Н; при $E_0 = 3 \cdot 10^5$ Н/м² – 4,2 Н соответственно.

Результаты моделирования безразмерной максимальной силы нормального контактного давления на наклонную грань при изменении безразмерной скорости и безразмерной глубины погружения ножа, приведенные на рис. 8, показывают, что характер достижения предела безразмерной максимальной силы не зависит от угла заточки и толщины ножа и связан со скоростью резания и вязкоупругими свойствами рыбы.

При постоянной половине угла заточки ножа $\alpha = 6$ град, безразмерной глубине погружения $\bar{h} = 0,6$, мгновенном модуле упругости $E_0 = 1,5 \cdot 10^5$ Н/м² и отношении модулей упругости $E_0/E_1 = 4$ предел безразмерной максимальной силы нормального контактного давления составляет 0,90; при $E_0 = 2 \cdot 10^5$ Н/м², $E_0/E_1 = 7$ указанный предел 1,44; при $E_0 = 2,5 \cdot 10^5$ Н/м², $E_0/E_1 = 10$ предел 1,98; при $E_0 = 3 \cdot 10^5$ Н/м², $E_0/E_1 = 15$ предел 2,87. К пределу указанная сила стремится при увеличении скорости. Это означает, что с усилением мгновенноупругих свойств рыбы указанная безразмерная сила возрастает и стремится к предельному значению при увеличении скорости.

Анализ моделей (16) – (19) и результаты расчетов (рис. 6 – 8) позволяют заключить, что достижение предела силой нормального контактного давления на наклонную грань при увеличении скорости резания обусловлено динамическим изменением вязкоупругих свойств материала. Согласно работе [5] при увеличении скорости деформации вязкоупругого материала возрастает его динамическая жесткость. При этом с ростом скорости увеличивается и достигает предела динамической модуль упругости материала [5]. Таким образом, с повышением скорости ножа при резании происходит увеличение динамической жесткости ткани рыбы до предела, определяемого отношением скорости ножа к характерной скорости материала в соответствии с выражением (12). Это явление сопровождается усилением упругих свойств рыбы в сравнении с ее вязкими свойствами.

В работах [3, 4] экспериментально показано, что реологические свойства рыбы существенно зависят от времени выдержки сырья после вылова и температуры. В связи с этим, представляется возможным связать максимальную силу нормального контактного давления на наклонную грань с указанными условиями.

После вылова жесткость рыбы постепенно увеличивается до наступления стадии посмертного окоченения, при которой достигает максимального значения.

Далее наступает стадия автолиза, при которой жесткость рыбы существенно снижается [4]. Одновременно ткани рыбы до наступления посмертного окоченения характеризуются наибольшей эластичностью. При посмертном окоченении эластичность материала минимальна, а на стадии автолиза значительно увеличивается [3], что обусловлено повышением влагоудерживающей способности ткани и изменением растворимости белков [3].

Результаты моделирования позволяют заключить, что максимальная сила нормального контактного давления на наклонную грань ножа возрастает до наступления стадии посмертного окоченения, достигает наибольшего значения при посмертном окоченении и существенно снижается на стадии автолиза с увеличением времени хранения сырья. Это согласуется с результатами экспериментальных исследований процесса резания рыбы [3, 4, 7].

Наряду с вышеизложенным, экспериментально показано [3, 4], что с повышением температуры тела рыбы жесткость ткани снижается, а ее эластичность увеличивается. Результаты моделирования позволяют заключить, что максимальная сила нормального контактного давления на наклонную грань ножа существенно снижается с увеличением температуры рыбы. Это также согласуется с результатами экспериментальных исследований [3, 4, 7].

Полученные результаты математического моделирования дают возможность сформулировать рекомендации по снижению энергетических затрат при первичной обработке рыбы. Осуществлять резание сырья целесообразно до наступления стадии посмертного окоченения, поскольку на этой стадии усилие резания является максимальным. Резание рыбы следует выполнять на стадии автолиза после разрешения посмертного окоченения, однако до наступления порчи сырья.

Кроме того, резание рыбы целесообразно осуществлять при увеличении температуры сырья, поскольку при обработке замороженной рыбы усилие резания существенно возрастает. Следует учитывать, что повышение температуры сырья при первичной обработке ограничено требованиями технологических инструкций.

В целях снижения энергетических затрат на резание рекомендуется уменьшать толщину ножа, поскольку при этом сокращается площадь контакта ножа с материалом. Для определения влияния угла заточки на энергетические затраты при резании необходимо установление зависимости силы трения от конструктивных параметров ножа.

ВЫВОДЫ

1. Нормальное контактное давление и сила нормального контактного давления на наклонную грань ножа строго монотонно и нелинейно возрастают по мере погружения его в материал. Это объясняется увеличением области контакта и раздвижением материала наклонной гранью. При полном погружении наклонной грани в ткани рыбы указанная сила достигает максимального значения и при установившемся движении ножа не изменяется.

2. Сила нормального контактного давления на наклонную грань существенно зависит от скорости лишь при малых значениях скорости ножа. С ростом толщины ножа указанная сила значительно увеличивается.

3. С усилением упругих свойств материала максимальная сила нормального контактного давления существенно возрастает. Характер достижения предела безразмерной максимальной силы не зависит от конструктивного параметра ножа и связан со скоростью резания и вязкоупругими свойствами рыбы, что объясняется предельным увеличением динамической жесткости материала с ростом скорости.

4. На основании результатов моделирования рекомендуется осуществлять резание сырья до наступления стадии посмертного окоченения. Кроме того, резание рыбы рекомендуется выполнять на стадии автолиза после разрешения посмертного окоченения до наступления порчи сырья. Также рекомендуется осуществлять резание при увеличении температуры сырья и уменьшать толщину ножа. Полученные рекомендации согласуются с результатами экспериментальных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фатыхов, Ю. А. Мехатроника в рыбообделочном оборудовании / Ю. А. Фатыхов, О. В. Агеев. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 279 с.
2. Горячева, И. Г. Механика фрикционного взаимодействия / И. Г. Горячева. – Москва: Наука, 2001. – 478 с.
3. Маслова, Г. В. Реология рыбы и рыбных продуктов / Г. В. Маслова, А. М. Маслов. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 214 с.
4. Уманцев, А. З. Физико-механические характеристики рыб / А. З. Уманцев. – Москва: Пищевая промышленность, 1980. – 152 с.
5. Popov V. L. Contact Mechanics and Friction. Physical Principles and Applications / V. L. Popov. – Berlin: Springer-Verlag GmbH, 2017. – 391 p.
6. Malkin, Ya. A. Rheology: conception, methods, and applications / Ya. A. Malkin, A. I. Isayev. – Toronto: ChemTec Publishing, 2012. – 510 p.
7. Романов, А. А. Удельные усилия резания рыбы и геометрия режущего инструмента рыбообделочной машины / А. А. Романов // Рыбное хозяйство. – 1963. – № 12. – С. 51-55.

REFERENCES

1. Fatykhov Ju. A. *Mekhatronika v ryborazdelochnom oborudovanii* [Mechatronics in fish cutting equipment]. Kaliningrad, KSTU Publ., 2008, 279 p.
2. Goriacheva I. G. *Mehanika frikcionnogo vzaimodejstvija* [Mechanics of frictional interaction]. Moscow, Nauka, 2001, 478 p.
3. Maslova G. V. *Reologija ryby i rybnyh produktov* [Rheology of fish and fish products]. Moscow, Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1981, 214 p.
4. Umantsev A. Z. *Fiziko-mehanicheckie harakteristiki ryb* [Physico-mechanical characteristics of fish]. Moscow, Pishhevaja promyshlennost', 1980, 152 p.
5. Popov V. L. Contact Mechanics and Friction. Physical Principles and Applications. Berlin, Springer-Verlag GmbH, 2017, 391 p.

6. Malkin Ya. A. Rheology: conception, methods, and applications. Toronto, ChemTec Publishing, 2012, 510 p.

7. Romanov A. A. Udel'nye usilija rezanija ryby i geometrija rezhushhego instrumenta ryborazdelochnoj mashiny [Specific forces of fish cutting and geometry of the cutting tool of a fish-cutting machine]. *Rybnoe khozyaistvo*, 1963, no.12, pp. 51-55.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Агеев Олег Вячеславович – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук; доцент кафедры пищевых и холодильных машин; E-mail: oleg.ageev@klgtu.ru

Ageev Oleg Vyacheslavovich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: oleg.ageev@klgtu.ru

Наумов Владимир Аркадьевич – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук; заведующий кафедрой водных ресурсов и водопользования; E-mail: van-old@rambler.ru

Naumov Vladimir Arkadievich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Engineering, Head of Water Resources and Water Management Department; E-mail: van-old@rambler.ru

Фатыхов Юрий Адгамович – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук; заведующий кафедрой пищевых и холодильных машин; E-mail: elina@klgtu.ru

Fatykhov Juriy Adgamovich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Engineering, Head of the Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: elina@klgtu.ru

Самойлова Наталья Владимировна – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры пищевых и холодильных машин; E-mail: procyon@mail.ru

Samojlova Natalia Vladimirovna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Postgraduate student of the Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: procyon@mail.ru

УДК 664.952

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ ФАРШЕВОЙ СМЕСИ
ДЛЯ СЫРОВАЯЛЕННОЙ РЫБНОЙ КОЛБАСЫ

Д. Л. Альшевский, А. Г. Шибeko, М. М. Горностаева

COMPUTER SIMULATION OF FORCED MEAT RECIPES FOR RAW-CURED
FISH SAUSAGES

D. L. Alshevskiy, A. G. Shibeko, M. M. Gornostaeva

Развитие аквакультуры в Российской Федерации является одним из самых перспективных направлений рыбной промышленности, позволяющим значительно повысить качество питания населения страны. В мировом рыбном хозяйстве аквакультура признана одним из основных факторов, улучшающих состояние экономики, способствующих продовольственной безопасности, насыщению внутреннего рынка. Однако ассортимент продукции из рыбы ограничен. Актуальны разработка новых видов продукции и выпуск сыровяленых деликатесных изделий из рыбы с применением новых технологий и оригинальных ингредиентов. Ситуация, сложившаяся на сегодняшний день в мясоперерабатывающей отрасли с доступностью и качеством бокового и хребтового шпика, стимулирует производителей пищевых добавок на разработку технологий производства продуктов, имитирующих натуральный шпик. Имитационный шпик, представляющий собой высококонцентрированные эмульсии, имеет устойчивые органолептические и физико-химические показатели; его технология легко воспроизводима в заводских условиях; стоимость существенно ниже, чем у традиционного свиного. Выбраны наиболее часто востребованные компоненты, входящие в рацион человека, смоделированы рецептуры на основе метода профилограмм. Спроектированы рецептуры сыровяленых рыбных колбас из фарша карпа с использованием имитационного шпика, сбалансированные по пищевой ценности. Проведена оценка пищевой ценности и эффективности включения в рецептуры сыровяленых рыбных колбас с использованием имитационного шпика с добавлением ингредиентов растительного (подсолнечное, кукурузное, оливковое масла) и животного (свиной шпик, карп, пеламида, путассу, судак, тунец) происхождения. В ходе исследований выяснены оптимальные соотношения рыбного сырья по аминокислотному составу и имитационного шпика с добавлением растительных масел по жирно-кислотному составу. Определены коэффициенты значимости, представлены рецептуры фаршевых смесей и шпика.

компьютерное моделирование, рыбная колбаса, рецептура, рацион, насыщение, продукция

Aquaculture development in the Russian Federation is one of the most promising areas of the fishing industry which allows for a significant improvement of

the quality of nutrition. In the world fisheries, aquaculture is recognized as one of the main factors improving the state of the economy, contributing to food security and saturation of the domestic market. However, the range of fish is restricted. Development of new products and production of raw-cured fish delicacies using new technologies and original ingredients are of great interest today. Current state of affairs in meat-processing industry with availability and quality of mid-back and back fat encourage producers of food supplements to develop production technologies for the products imitating natural cured pork fat. Imitated cured pork fat representing highly concentrated emulsions has stable organoleptic, physical and chemical indicators; its technology is easy-to-follow in plant conditions; the price is significantly lower than traditional pork fat has. We have chosen the most commonly used components that make up a human diet, and also simulated the recipes using the method of profile record. Designed are recipes of raw-cured fish sausages from minced carp using imitated fat with well-balanced nutritional value. Evaluation of nutritional value and effectiveness of the inclusion in the recipes of fish sausages using ingredients of plant (sunflower, corn, olive oil) and animal (pig fat carp, horse mackerel, poutassou, perch, tuna) origin. The studies elucidated the optimal proportion of fish raw material by amino acid composition and imitated pork fat with vegetable oils by fatty acid composition. Determined is the coefficient of importance, submitted are recipes for stuffing mix and pork fat.

computer simulation, fish sausage, recipe, diet, saturation, products

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития науки о питании позволяет сделать вывод о том, что пища является одним из главных факторов, определяющих состояние здоровья населения.

Согласно Указу Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [1], рациональные нормы потребления пищевых продуктов – это рацион, представленный в виде набора, включающего пищевые продукты в объемах и соотношениях, отвечающих современным научным принципам оптимального питания, учитывающий сложившуюся структуру и традиции питания большинства населения [2]. Следовательно, является особенно актуальным насыщение продовольственного рынка новыми продуктами с высокой пищевой ценностью.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для расширения ассортимента продуктов питания высокой пищевой ценности необходимо создавать рецептуры производства комбинированных продуктов, являющиеся сложными пищевыми системами. При этом приходится соблюдать целый ряд требований к свойствам исходных компонентов и их массовой доле в проектируемом продукте. Для решения такого рода задач оправдывают себя методы компьютерного моделирования.

Целью работы является компьютерное моделирование рецептур фаршевой смеси и шпика для сыровяленой рыбной колбасы с использованием имитационного шпика.

Мясо рыбы очень питательно, богато незаменимыми аминокислотами. По содержанию белка мясо рыбы превосходит мясо домашних животных [3].

Продукция из рыбы отличается приятным вкусом и большой питательной ценностью. Но разработанные рецептуры должны удовлетворять не только эстетическим и органолептическим характеристикам, но и быть полезными для человека.

Так как продукты из рыбы являются источником белка, то компьютерное моделирование рецептур сыровяленых рыбных колбас с использованием имитационного шпика будем проводить для аминокислотного состава продукта.

Основной задачей моделирования рецептур является определение количества ингредиентов, которые целесообразно включить в рецептуру по аминокислотному составу, обеспечивающих максимальную величину критерия моделирования.

Проектирование сыровяленых рыбных колбас с использованием имитационного шпика ведется посредством компьютерной программы Generik 2,0 моделирования продуктов с задаваемым составом [4]. С ее помощью был спроектирован оптимальный состав компонентов по ФАО/ВОЗ по рыбному сырию – карпу, путассу, пеламиде, судаку, тунцу.

Для нахождения частных критериев используется функция желательности Харрингтона, которая заранее программируется в соответствии с эталонным значением данного компонента, его разбросом и видом ограничения. В качестве эталона принят аминокислотный состав белка ФАО/ВОЗ согласно методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [5].

Рецептурный состав фаршевой смеси представлен в табл. 1.

Аминокислотный состав белка смоделированных рецептур приведен в табл. 2.

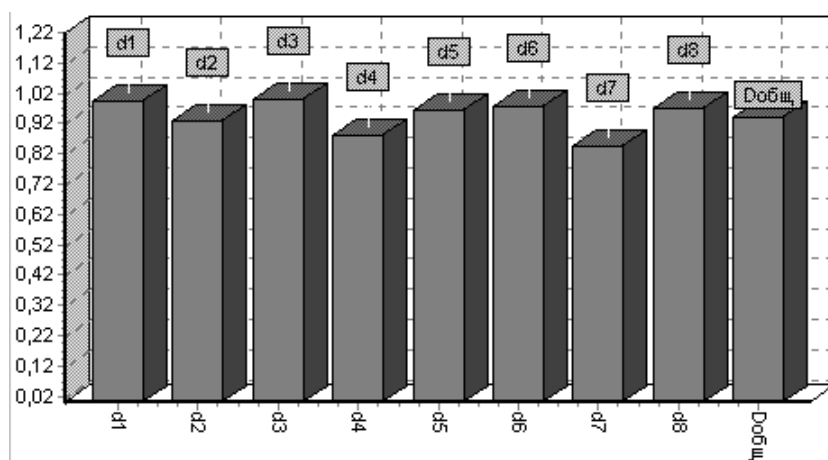
Таблица 1. Рецептурный состав базовых композиций основного сырья, полученных при моделировании белкового модуля
 Table 1. Recipe structure of the basic compositions of main raw materials received when simulating the proteinaceous module

Рецептура № 1		Рецептура № 2		Рецептура № 3		Рецептура № 4		Рецептура № 5	
ингредиенты	%	ингредиенты	%	ингредиенты	%	ингредиенты	%	ингредиенты	%
Карп	72	Путассу	19	Карп	65	Карп	68	Карп	72
Шпик с купажем масел	24	Карп	57	Пеламида	11	Судак	8	Тунец	4
Соль	3	Шпик с растительным маслом	20	Шпик с кукурузным маслом	20	Шпик с оливковым маслом	24	Шпик свиной	24
Вкусоароматическая смесь	1	Соль	3	Соль	3	Соль	3	Соль	3
		Вкусоароматическая смесь	1	Вкусоароматическая смесь	1	Вкусоароматическая смесь	1	Вкусоароматическая смесь	1

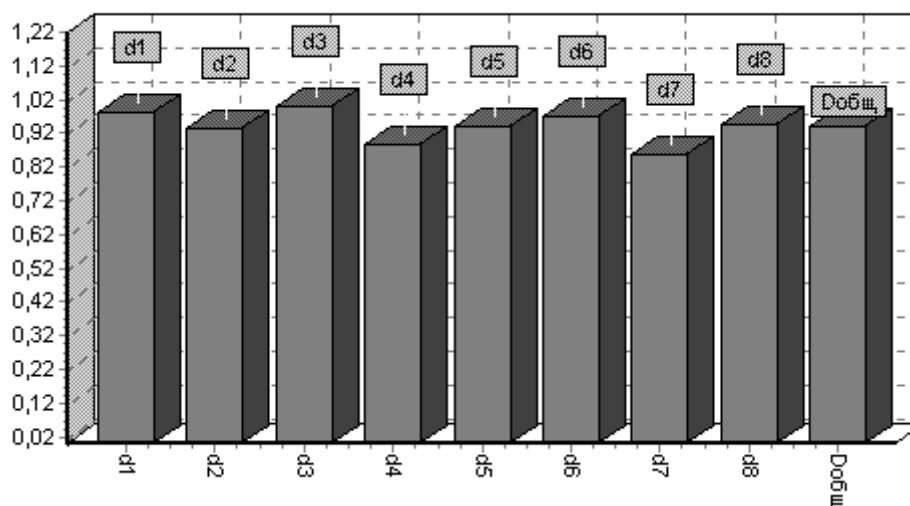
Таблица 2. Аминокислотный состав оптимальных рецептурных композиций, г/100 г белка
 Table 2. Amino-acid structure of optimum recipe compositions, g/100 g of protein

Наименование аминокислот	Рецептурные композиции									
	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5	
	содержание, г/100г	функция желательности	содержание, г/100г	функция желательности	содержание, г/100г	функция желательности	содержание, г/100г	функция желательности	содержание, г/100г	функция желательности
Лейцин	11,25	0,99	10,34	0,99	11,04	0,99	10,84	0,99	10,53	0,99
Изолейцин	5,00	0,93	5,06	0,94	4,96	0,92	5,01	0,93	4,93	0,92
Лизин	11,88	0,999	11,07	0,999	11,71	0,999	11,53	0,999	11,19	0,999
Метионин + цистин	4,10	0,88	4,12	0,89	4,11	0,88	4,12	0,89	4,00	0,86
Фенилаланин + тирозин	8,10	0,96	7,68	0,94	8,02	0,96	7,91	0,95	7,72	0,94
Треонин	5,63	0,98	5,50	0,97	5,58	0,97	5,48	0,97	5,43	0,97
Триптофан	1,13	0,84	1,14	0,86	1,14	0,85	1,12	0,83	1,15	0,86
Валин	6,88	0,97	6,492	0,95	6,71	0,96	6,70	0,96	6,54	0,95

Графическое отображение мультипликативной модели сбалансированности аминокислотного состава рецептурных композиций, полученных в результате моделирования, представлено на рис. 1.



а



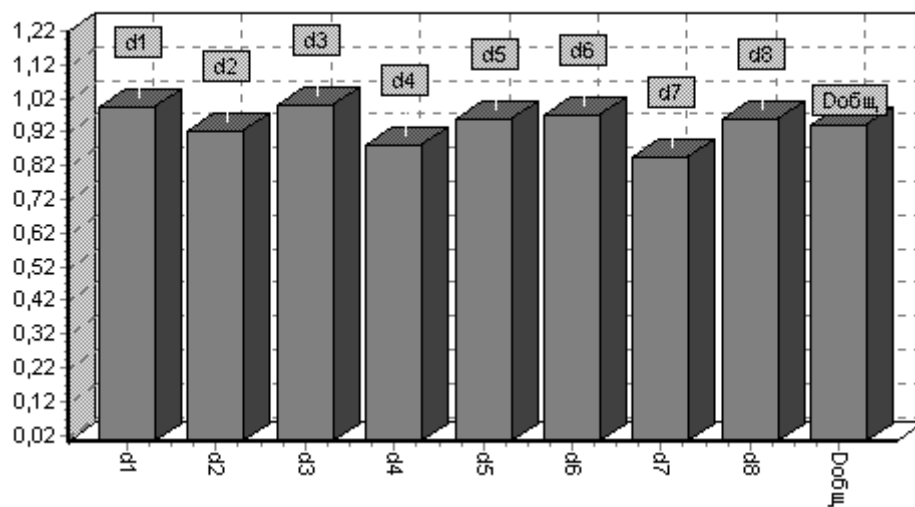
б

Рис. 1. Мультипликативная модель частных функций желательности аминокислотного состава:

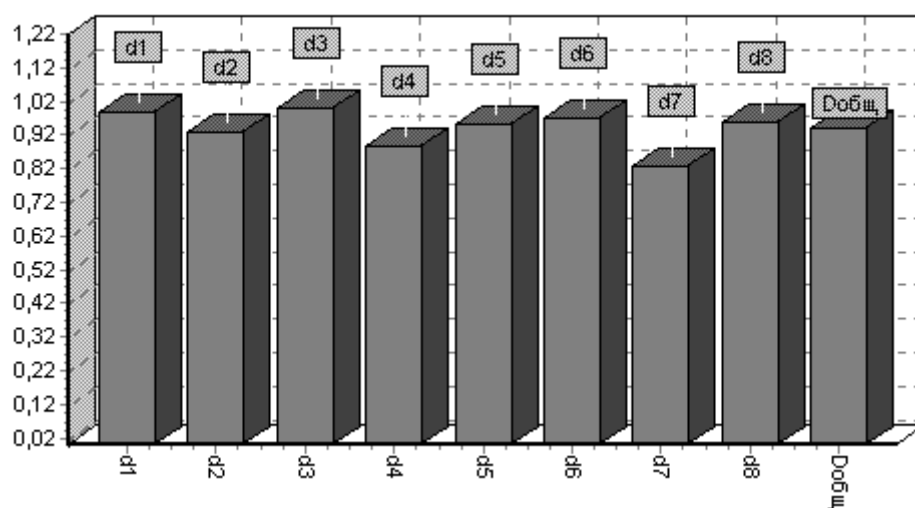
а - рецептура № 1; б - рецептура № 2

Fig. 1. Multiplicative model of the particular desirability functions of amino-acid structure:

а - recipe № 1; б - recipe № 2

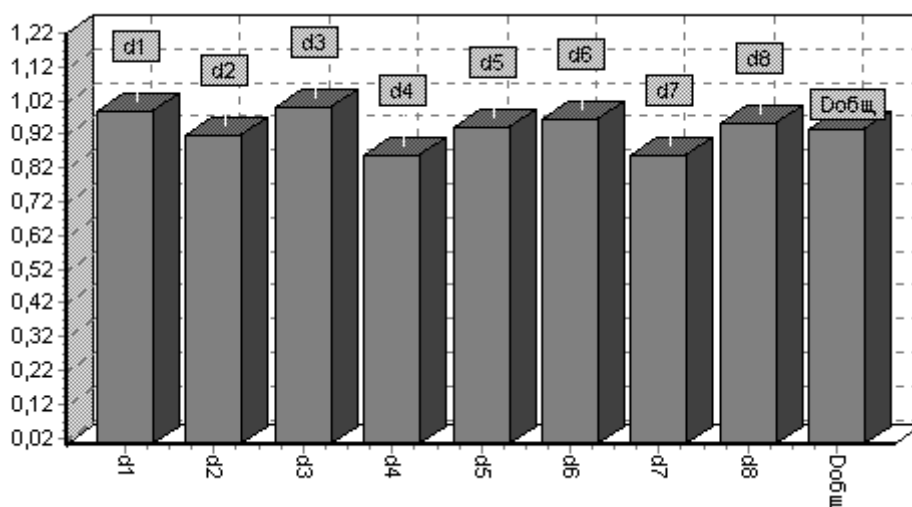


В



Г

Рис. 1. Продолжение:
в - рецептура № 3; г - рецептура № 4
Fig. 1. Continued:
в - recipe № 3; г - recipe № 4



Д

Рис. 1. Окончание:

d — частные функции желательности: *d*₁ — лейцина; *d*₂ — изолейцина;
*d*₃ — лизина; *d*₄ — метионина + цистина; *d*₅ — фенилаланина + тирозина;
*d*₆ — треонина; *d*₇ — триптофана; *d*₈ — валина

Fig. 1. The end:

d — particular desirability functions: *d*₁ — leucine; *d*₂ — isoleucine;
*d*₃ — lysine; *d*₄ — methionine + cystine; *d*₅ — phenylalanine + tyrosine;
*d*₆ — threonine; *d*₇ — tryptophan; *d*₈ — valin

Учитывая значения частных функций желательности каждой из аминокислот, получили обобщенный критерий сбалансированности аминокислотного состава (D) для данных рецептов, который составил для первой – 0,95; для второй -0,94; для третьей – 0,94; для четвертой – 0,93; пятой - 0,93 и разный для каждой из них.

На втором этапе моделирования оценивается жирно-кислотный состав проектируемых рецептов.

Рецептурный состав шпика имеет вид, представленный в табл. 3.

Расчетный жирно-кислотный состав рецептурных композиций приведен в табл. 4.

Таблица 3. Рецептурный состав имитационного шпика, полученных при моделировании жирно-кислотного состава г/100 г
 Table 3. Recipe structure of imitated salted pork fat, received when simulating fatty acid structure of g/ 100 g

Рецептура № 1		Рецептура № 2		Рецептура № 3		Рецептура № 4		Рецептура № 5	
ингредиенты	г	ингредиенты	г	ингредиенты	г	ингредиенты	г	ингредиенты	г
Вода	62,5	Вода	62,5	Вода	62,5	Вода	62,5	Вода	62,5
Многофункциональ-ная смесь	5	Многофункциональ-ная смесь	6,25	Многофункциональ-ная смесь	6,25	Многофункциональ-ная смесь	6,25	Многофункциональ-ная смесь	6,25
Купаж масел: Кукурузное масло	6,25	Растительное масло	31,25	Кукурузное масло	31,25	Оливковое масло	31,25	Шпик свиной	31,25
Растительное масло	5		5		5		5		5
Оливковое масло	10,5								
	5,2								
	5								
	15,5								
	5								

Таблица 4. Жирно-кислотный состав оптимальных рецептурных композиций, г/100 липидов
 Table 4. Fatty acid structure of optimum recipe compositions, g/ 100 lipids

Наименование жирных кислот	Рецептурные композиции				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
МНЖК (мононенасыщенные жирные кислоты)	61,79	23,8	24,0	67,0	45,1
ПНЖК (полиненасыщенные жирные кислоты)	17,66	59,8	57,6	12,1	11,2

Графический номограммный аналог мультипликативной модели жирового модуля представлен на рис. 2.

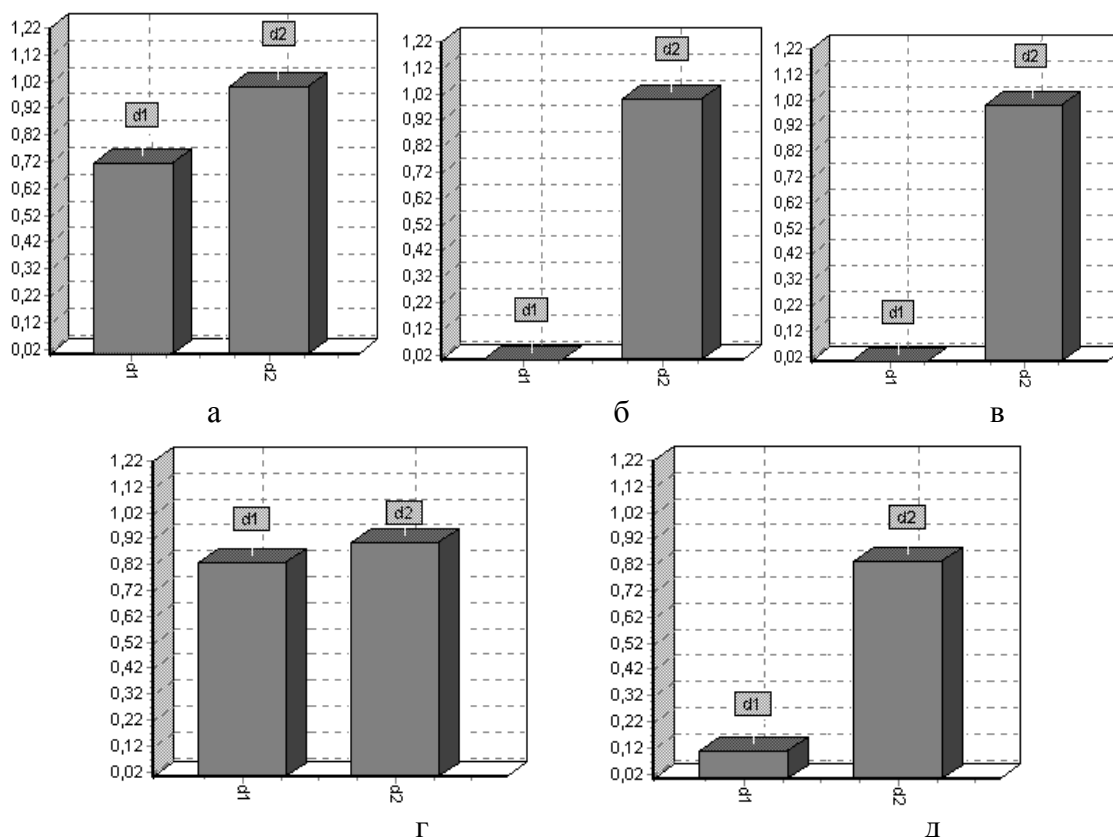


Рис. 2. Мультипликативная модель частных функций желательности жирового модуля моделируемых рецептурных композиций:

a - рецептура № 1; *б* - рецептура № 2; *в* - рецептура № 3; *г* - рецептура № 4; *д* - рецептура № 5; d_i — частные функции желательности: d_1 — насыщенных жирных кислот, d_2 — моновенасыщенных жирных кислот; d_3 — полиненасыщенных жирных кислот

Fig. 2. Multiplicative model of the particular desirability functions of the fat module of the simulated recipes:

a - recipe № 1; *б* - recipe № 2; *в* - recipe № 3; *г* - recipe № 4; *д* - recipe № 5; d_i — particular desirability functions: d_1 — saturated fatty acids; d_2 — monounsaturated fatty acids; d_3 — polyunsaturated fatty acids

Из рис. 2 видно, что обобщенный критерий желательности полиненасыщенных (ПНЖК) и моновенасыщенных (МНЖК) жирных кислот [6], характеризующий степень сбалансированности жирового модуля моделируемых композиций, равен:

- для первой: МНЖК – 0,82; ПНЖК – 1,02
- для второй: МНЖК – 0; ПНЖК – 1,02
- для третьей: МНЖК – 0; ПНЖК – 1,02
- для четвертой: МНЖК – 0,82; ПНЖК – 0,92
- для пятой: МНЖК – 0,12; ПНЖК – 0,82

На основании приведенных данных можно сделать вывод, что наилучшие рецептуры имитационного шпика с использованием различных масел – № 1 и 4.

Таким образом, нами были смоделированы рецептуры фаршевой смеси для сыровяленых рыбных колбас с использованием имитационного шпика, сбалансированные по аминокислотному составу. При этом потребление 100 г сбалансированного продукта компенсирует примерно 1/5 часть суточной потребности взрослого «условного» человека в полноценном по аминокислотному составу белка [7].

ВЫВОДЫ

С помощью компьютерной программы Generic 2.0 разработаны рецептуры фаршевой смеси сыровяленых рыбных колбас на основе рыбного сырья с добавлением имитационного шпика. При этом функция желательности Харрингтона по аминокислотному составу достигает 0,95 (для карпа); 0,94 (для карпа и путассу); 0,94 (для карпа и пирамиды); 0,93 (для карпа и судака); 0,93 (для карпа и тунца), по сбалансированности жирно-кислотному составу – МНЖК – 0,82; ПНЖК – 1,02 (рецептура № 1); МНЖК – 0,82; ПНЖК – 0,92 (рецептура № 4)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: [<http://www.rg.ru/2010/02/03/>].
2. Продукты из мышечной ткани: технология продуктов из мяса, мяса птицы, морепродуктов / Дональд М. Кинсман [и др]. – Лондон: Изд-во Чепмен и Холл, 1994. - 585 с.
3. Мезенова, О. Я. Проектирование комбинированных продуктов питания / О. Я. Мезенова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 172 с.
4. Компьютерное моделирование белково-витаминных композитов, сбалансированных по содержанию незаменимых аминокислот / Р. И. Шаizzo [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007.– №6. – С. 62-64.
5. МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bestpravo.ru/federalnoje/bz-dokumenty>.
6. Рогов, И. А. Химия пищи / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Н. И. Дунченко. – Москва: КолосС, 2007. – 853 с.
7. Теплов, В. И. Физиология питания: учеб. пособие / В. И. Теплов, В. Е. Боряев. – Москва: Дашков и К, 2017. – 456 с.

REFERENCES

1. *Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 30 yanvarya 2010 g. № 120 «Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii»* [The decree of the President of the Russian Federation of January 30, 2010, no. 120 "On the approval of the Doctrine of food security of the Russian Federation"]. Available at: <http://www.rg.ru/> (Accessed 3 March 2010).

2. Donald M. Kinsman [and etc.] *Produkty iz myshechnoy tkani: tekhnologiya produktov iz myasa, myaso ptitsy, moreproduktov* [Muscle foods: meat, poultry and seafood technology]. Originally published by Chapman & Hall, 1994, 585 p.
3. Mezenova O. Ya. *Proektirovanie kombinirovannykh produktov pitaniya* [Combined food products design]. Kaliningrad, FGBOU VPO'S publishing house of "KGTU", 2012, 172 p.
4. Shazzo R. I. Komp'yuternoe modelirovanie belkovo-vitaminnykh kompozitov, sbalansirovannykh po sodержaniyu nezamenimyykh aminokislot [Computer simulation of protein and vitamin composites balanced on the content of irreplaceable amino acids]. *Storage and processing of agricultural raw materials*, 2007, no. 6, pp. 62-64.
5. MR 2.3.1.2432-08 *Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii* MR 2.3.1.2432-08 [Norms of physiological needs in energy and feedstuffs for various groups of the population of the Russian Federation"]. Available at: <http://www.bestpravo.ru/federalnoje/bz-dokumenty>.
6. Rogov I. A., Antipova L. V., Dunchenko N. I. *Khimiya pishchi* [Food chemistry]. Moscow, KolosS, 2007, 853 p.
7. Teplov V. I., Boryaev V. E. *Fiziologiya pitaniya: uchebnoe posobie* [Physiology of nutrition: student's book]. Moscow, Dashkov i K, 2017, 456 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Альшеевский Дмитрий Леонидович – Калининградский государственный технический университет; доцент, кандидат технических наук; доцент кафедры технологии продуктов питания; начальник управления профориентационной работы и содействия трудоустройству; E-mail: alshevsky@klgtu.ru

Alshevsky Dmitry Leonidovich – Kaliningrad State Technical University; Associate Professor, PhD in Engineering; Associate Professor, Department of food technology; Head of the Department of career and employment assistance; E-mail: alshevsky@klgtu.ru

Шибекко Анна Геннадьевна – Калининградский государственный технический университет; аспирант; коммерческий директор ООО «Евроспецпродукт»; E-mail: anya-shibeko@yandex.ru

Shibeko Anna Gennadyevna – Kaliningrad State Technical University; graduate student; Commercial director of «Evropspetsprodukt» Ltd; E-mail: a.shibeko@protein.ru

Горностаева Марина Михайловна – Калининградский государственный технический университет; студент; E-mail: marina11292@mail.ru

Gornostaeva Marina Mikhailovna – Kaliningrad State Technical University; student; E-mail: marina11292@mail.ru

УДК 637.5

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА НА МЯСО ОДОМАШНЕННОГО
СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ

Е. Г. Богдан, Е. Г. Туршук

THE EFFECT OF AN ENZYME PREPARATION ON THE MEAT
OF DOMESTICATED REINDEER

E. G. Bogdan, E. G. Turshuk

В работе отражена значимость возрождения оленеводства для увеличения темпов развития мясной промышленности за счет использования нетрадиционных видов сырья, в том числе характерной для Кольского полуострова оленины. Представлены результаты воздействия фермента протеолитического действия полученного из гепатопанкреаса камчатского краба, на размягчение коллагена (грубой соединительной ткани), который придает оленине жесткость. С целью установления степени влияния данного ферментного комплекса на мясо одомашненного северного оленя и были высчитаны и графически отражены потери при тепловой обработке оленины. Кроме того, определялся реологический показатель, который отражает усилие, прикладываемое к объекту при разжевывании – так называемый показатель «усилие резания», являющийся одним из методов органолептической оценки консистенции продуктов. Определение структурно-механических характеристик исследуемого объекта проводилось с помощью прочностномера «Food Checker», представляющего собой комплекс испытательного прибора и измерительного устройства, оснащенный регистрирующим приспособлением (самописцем). В ходе ряда экспериментов были установлены оптимальные значения продолжительности воздействия (25, 50 и 75 мин) фермента из гепатопанкреаса камчатского краба на размягчение мяса одомашненного северного оленя и количества добавляемого к мясу препарата (соответственно 2, 2,5 и 3 г), они составили – 75 мин и 2,5 г фермента. На основе полученных данных отражено значение использования данного фермента в пищевой промышленности, в том числе и для получения новых продуктов, которые могут быть использованы в диетическом и лечебном питании.

одомашненный северный олень, оленина, коллаген, фермент, усилие резания

The paper reflects the importance of the revival of reindeer breeding to increase the pace of development of the meat industry by using non-traditional types of raw materials, including raw materials characteristic of the Kola Peninsula and, in particular, venison. The paper presents the effect of a proteolytic enzyme obtained from the hepatopancreas of the king crab on softening of collagen, a coarse connective tissue, which gives venison stiffness. In order to determine the degree of impact of this enzyme

complex on the meat of domesticated reindeer, the losses in heat treatment of venison were calculated and graphed. In addition, the rheological index was determined, the so-called “cutting force” indicator, which is one of the methods of organoleptic assessment of products consistency, which reflects the effort applied to the object during chewing. Determination of structural and mechanical characteristics of the investigated object was carried out with the help of the Food Checker, which is a complex of a testing instrument and a measuring device equipped with a recording device (recorder). In a number of experiments, the optimal values for the duration of exposure (among 25, 50 and 75 minutes) of the enzyme from the hepatopancreas of the king crab on meat softening of domesticated reindeer and the amount of preparation added to the meat (2, 2,5 and 3 g respectively) namely, they amounted to – 75 minutes and 2,5 g of enzyme. By virtue of the received data, the importance of using this enzyme in the food industry has been reflected, including for obtaining new food products, which can be used in dietary and therapeutic nutrition.

domesticated reindeer, venison, collagen, enzyme, cutting force

ВВЕДЕНИЕ

Снабжение сырьем межотраслевой индустрии производства продуктов питания в России остается одним из первостепенных в ряду вопросов, требующих решения.

Российский рынок мяса в течение последних лет формировался главным образом благодаря мясному сырью импортного производства. В будущем одним из вариантов его развития и увеличения может стать использование нетрадиционных видов сырья.

В настоящий момент к традиционному массовому производству относятся такие виды мяса, как свинина, баранина, мясо домашней птицы и говядина. Однако с точки зрения науки о пище эти виды сырья во многом уступают новому для нашей страны мясу страуса, известному, но получившему малое распространение мясу кролика, а в чём-то даже такому узкоспециальному продукту, как мясо диких животных [1].

Важное значение имеет проблема обеспечения населения продуктами питания в суровых и экстремальных условиях Крайнего Севера. Развитие северного оленеводства, которое обеспечивает население этой территории мясом и мясопродуктами высокого качества, чрезвычайно важно.

Оленеводство – это жизнеобеспечивающая отрасль экономики северных регионов России, которое относится к традиционным занятиям коренных малочисленных народов Дальнего Востока, Сибири и Севера. Уменьшение численности оленей может стать для них не только социальной, но и политической проблемой [2].

Вопрос развития животноводства в России, совершенствования технологического процесса производства мяса и доведения продуктов его переработки до потребителя исключительно важен, актуален и требует значительного внимания специалистов и ученых.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В ходе проведения исследования влияния ферментного препарата на мясо одомашненного северного оленя были поставлены следующие задачи:

- обосновать необходимость изучения оленины в качестве нового источника мясного сырья для развития мясной промышленности;
- определить потери при тепловой обработке мяса одомашненного северного оленя, подвергавшегося воздействию фермента;
- установить реологические показатели мяса одомашненного северного оленя в ходе влияния препарата протеолитического действия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основного исследуемого образца для проведения исследования использовалось мясо одомашненного северного оленя.

Одним из методов органолептической оценки консистенции продуктов является усилие, которое прикладывается к объекту при разжевывании. Взамен этой субъективной оценки, зависящей от индивидуальных сенсорных ощущений дегустатора, – объективный показатель «усилие реза» [3].

Определение структурно-механической характеристики исследуемых образцов проводилось на прочностномере «Food Checker» модели 302-В, который представляет собой комплекс испытательного прибора и измерительного устройства, оснащенный регистрирующим приспособлением (самописцем) и оценивающий качество структуры продукта в зависимости от усилия, необходимого для разрезания изделия заданного поперечного сечения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особое внимание стоит уделить богатству обширной территории нашей страны с точки зрения добычи такого экзотического сырья, как мясо диких животных. Глобальный план по формированию подобной отрасли мог бы принести неоспоримую пользу, позволив стране использовать её конкурентные преимущества [4].

Промежуточные результаты исследований химического состава мяса одомашненного северного оленя, полученные экспериментальным способом, в сравнении с говяжьим и бараньим мясом на основе анализа литературных данных приведены в табл. 1 и на рис.1.

Таблица 1. Сравнительный анализ химического состава и биологической ценности оленины, %

Table 1. Comparative analysis of the chemical composition and biological value of venison, %

Показатель	Мясо		
	оленина I категории	говядина I категории	баранина
Белки	19,5	18,6	15,6
Жиры	8,5	16,0	16,3
Зола	1,0	0,9	0,8
Вода	71,0	64,5	67,3

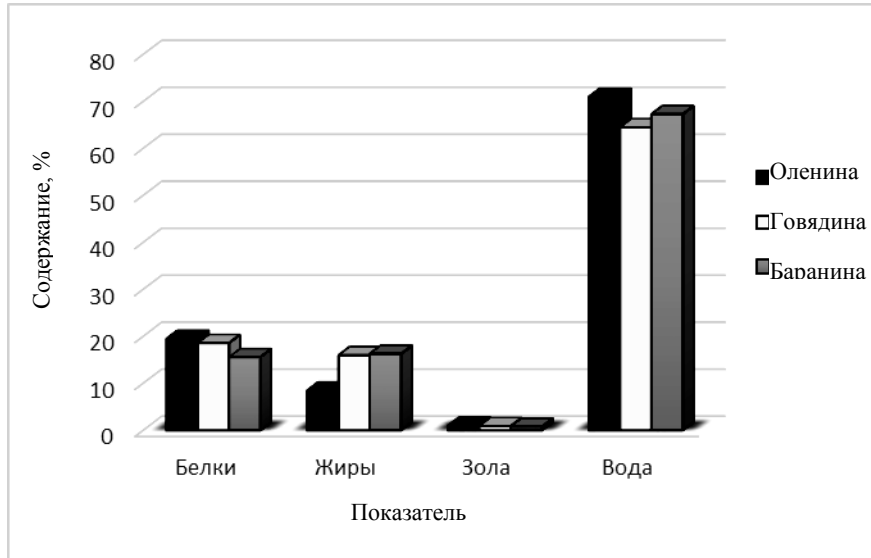


Рис. 1. Химический состав мяса
Fig. 1. Chemical composition of meat

Результаты, отраженные в таблице и на диаграмме, наглядно показывают, что польза оленины очевидна в связи с высоким содержанием в ней белков – 19,5 %, тогда как в говядине и баранине – 18,6 и 15,6 % соответственно, и достаточно низким содержанием жиров – 8,5 %, что практически в 2 раза ниже по сравнению с другими видами мяса.

Белки оленины способны усваиваться человеческим организмом намного лучше, чем белки говядины, баранины, свинины и курятины [5]. Благодаря низкому содержанию жиров, и в частности, вредного для сердца и сосудов холестерина, а также своим исключительным питательным характеристикам, оленина относится к здоровой и постной пище. В сравнении с другими видами мяса она обладает более низкой энергетической ценностью [6, 7].

На основании полученных данных можно считать оленину диетическим и лечебным продуктом. Диетическое питание приносит пользу здоровью, помогает в лечении или предупреждении различных заболеваний.

Полноценный пищевой рацион каждого человека должен быть представлен продуктами, богатыми витаминами и минералами. Мясо одомашненного северного оленя содержит калий, кальций, фосфор, магний, натрий, железо, а также витамины B₁, B₂, PP, которые весьма полезны для организма.

Таким образом, мясо северного оленя – это безопасный, полезный и экологически чистый продукт.

Оленина относится к пищевому сырью, которое в своем составе имеет значительное количество грубой соединительной ткани, в частности коллагена, придающего данному виду сырья жесткость. Эта его особенность определяет своеобразные способы приготовления данного вида продукта.

В ходе проведения эксперимента было выделено три группы опытов, которые отличались по продолжительности времени воздействия ферментного препарата из гепатопанкреаса камчатского краба на оленину перед тепловой обработкой, а именно – 25, 50 и 75 мин соответственно, а также по количеству

добавляемого к мясному полуфабрикату фермента – 2, 2,5 и 3 г соответственно. При этом для всех опытов количество воды, используемое для маринования, оставалось одинаковым – 45 мл.

После того как все образцы были выдержаны в растворе с ферментным препаратом из гепатопанкреаса камчатского краба, исходя из заданных условий, они были подвергнуты тепловой обработке – припусканию в течение 40 мин. Результаты отражены в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2. Потери при тепловой обработке

Table 2. Losses of heat treatment

Масса фермента, г	Потери при тепловой обработке, %, в течение			Среднее значение потерь, %	Количество воды, используемое для маринования, мл, в течение			Примечания
	25 мин	50 мин	75 мин		25 мин	50 мин	75 мин	
2	43	36	30	36,3	45	45	45	Время припускания – 40 мин
2,5	28,5	34	30	30,8	45	45	45	
3	33	36	28,3	32,4	45	45	45	

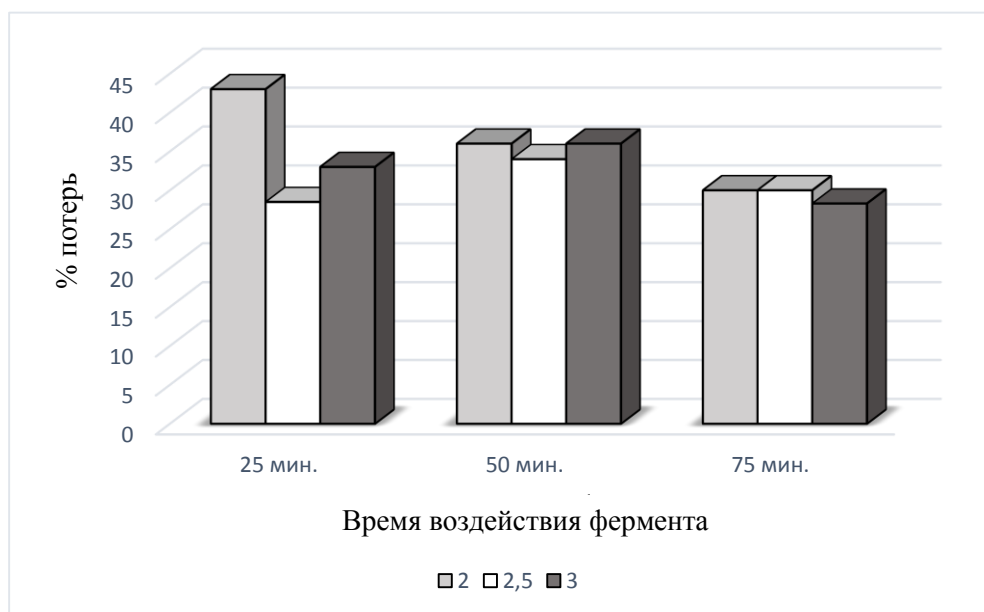


Рис. 2. Потери при тепловой обработке

Fig. 2. Losses on heat treatment

Из полученных данных наглядно видно, что наименьшее значение общих тепловых потерь было при воздействии на мясо оленины 2,5 г ферментного препарата из гепатопанкреаса камчатского краба. При этом стоит отметить, что если рассматривать каждый опыт по отдельности, то по времени воздействия препарата на оленину наименьшее число тепловых потерь наблюдалось при более длительной продолжительности, а именно при 75 мин. Таким образом, можно сделать вывод, что чем дольше сырье подвергается ферментации, тем меньше

потерь будет при тепловой обработке, т. е. длительное влияние фермента наиболее благоприятно сказывается на размягчении грубой соединительной ткани мяса.

Промежуточные результаты исследований воздействия фермента из гепатопанкреаса камчатского краба на мясо одомашненного северного оленя в ходе проведения определения показателя «усилие резания» отражены в табл. 3 и на рис. 3.

Таблица 3. Воздействие фермента из гепатопанкреаса камчатского краба на мясо одомашненного северного оленя

Table 3. Effects of the enzyme from the hepatopancreas of the Kamchatka crab on the meat of domesticated reindeer

Масса фермента, г	Усилие резания, г, в течение			Среднее значение усилия резания, г
	25 мин	50 мин	75 мин	
2	280	422	335	345,7
2,5	313	470	205	329,3
3	760	540	800	700,0

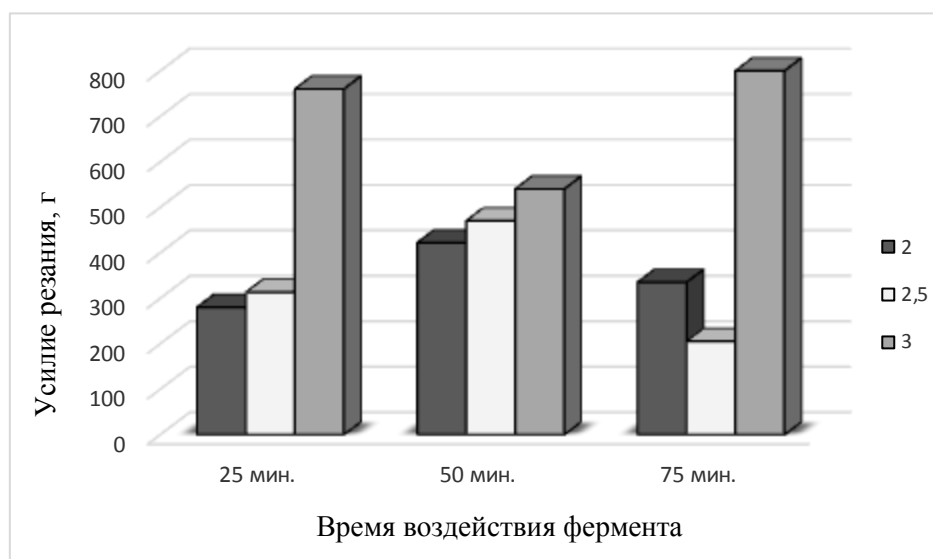


Рис. 3. Воздействие фермента из гепатопанкреаса камчатского краба на мясо одомашненного северного оленя

Fig. 3. Effects of the enzyme from the hepatopancreas of the Kamchatka crab on the meat of domesticated reindeer

Как видно из диаграммы (рис. 3), самое высокое значение усилия резания наблюдается при воздействии 3 г фермента и при продолжительности ферментации в течение 75 мин, а именно – 800 г. Кроме того, данный показатель имел наиболее высокое значение при использовании 3 г фермента во всем ряду опытов. В ряде образцов с количеством фермента 2 и 2,5 г значения показателя «усилие резания» существенно ниже – 335 и 205 г соответственно. При этом стоит отметить, что по органолептическим показателям, в особенности по консистенции, а также по сохранению формы кусочка после ферментации, перед

определением усилия резания образцы с количеством фермента 3 г теряли свою форму и имели рыхлую и дряблую консистенцию. Таким образом, увеличение массы препарата отрицательно сказывается на показателе «усилие резания».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе ряда экспериментов были установлены оптимальные значения продолжительности воздействия (среди 25, 50 и 75 мин) фермента из гепатопанкреаса камчатского краба на оленину и количества добавляемого к мясу препарата (соответственно 2, 2,5 и 3 г).

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что наиболее оптимальными условиями для благоприятного воздействия на мясо одомашненного северного оленя с целью размягчения грубой соединительной ткани являются использование 25 г фермента из гепатопанкреаса камчатского краба, а также продолжительность маринования с ним в течение 75 мин. При данных показателях процент тепловых потерь исследуемого сырья, а также показатель «усилие резания» имели наименьшие значения, а именно 30,8 % и 205 г соответственно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бараненко, Д. А. Производство нетрадиционных видов мясного сырья как перспективное антикризисное капиталовложение / Д. А. Бараненко // Социально-экономическое положение России в новых геополитических и финансово-экономических условиях: реалии и перспективы развития: сб. науч. ст. / Институт бизнеса и права. – Санкт-Петербург, 2008. – С. 41-43.
2. Тутельян, В. А. Государственная политика здорового питания населения: задачи и пути реализации на региональном уровне: руководство для врачей / В. А. Тутельян, Г. Г. Онищенко, Б. П. Суханов. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 288 с.
3. Куранова, Л. К. Использование прибора «Food Checker» для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов: метод. рекомендации / Л. К. Куранова // Наука и образование. – 2011: междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 4-8 апр. 2011 г. / Федеральное агентство по рыболовству ФГОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»; Университет Тромсё: материалы. – Мурманск, 2011. – С. 908-911. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mstu.edu.ru/science/conferences/files/nio2011-9.pdf>.
4. Altshul, A. M. Foods of the Future / A. M. Altshul and I. Hornstein // Agri. Food Chem. – 1972. – Vol. 20. – P. 5–32.
5. Лисицын, А. Б. Оленеводство – основной источник высококачественного мяса для народов Крайнего Севера / А. Б. Лисицын [и др.] // Мясная индустрия. – 2010. – № 10. – С. 24-26.
6. Кондрат, А. М. Оленина в питании коренного населения северо-восточного Забайкалья / А. М. Кондрат // Вопросы питания. – 1974. – № 4. – С. 34-38.

7. Липатов, Н. Н. Оценка мяса северных оленей как сырья для производства продуктов детского питания / Н. Н. Липатов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – № 10. – С. 23-26.

REFERENCES

1. Baranenko D. A. *Proizvodstvo netraditsionnykh vidov myasnogo syr'ya kak perspektivnoe antikrizisnoe kapitalovlozhenie* [Manufacture of non-traditional meat raw materials as a perspective anti-recessionary investment]. Saint-Petersburg, Institut biznesa i prava, 2008, pp. 41-43.

2. Tutel'yan V. A. *Gosudarstvennaya politika zdorovogo pitaniya naseleniya: zadachi i puti realizatsii na regional'nom urovne: rukovodstvo dlya vrachey* [State policy of healthy nutrition of the population: tasks and ways of implementation at the regional level: a guidance for doctors]. Moscow, GEOTAR-Media, 2009, 288 p.

3. Kuranova L. K. Ispol'zovanie pribora «Food Checker» dlya issledovaniya strukturno-mekhanicheskikh svoystv pishchevykh produktov metodicheskie rekomendacii [Using the Food Checker to study structural and mechanical properties of food products]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii "Nauka i obrazovanie – 2011"* [Proceedings of the Intern. scientific-techn. Conf. "Science and Education – 2011"]. Murmansk, 2011, pp. 908-911.

4. Altshul A. M. Foods of the Future. *Agri. Food Chem.*, 1972, vol. 20, pp. 5-32.

5. Lisicyan A. B., Tatulov A. V., Sus' I. V. i dr. Olenevodstvo – osnovnoj istochnik vysokokachestvennogo mjasa dlja narodov Krajnego Severa [Reindeer breeding is the main source of high-quality meat for the peoples of the Far North]. *Mjasnaja industrija*, 2010, no. 10, pp. 24-26.

6. Kondrat A. M. Olenina v pitanii korenного naselenija severo-vostochnogo Zabajkal'ja [Venison in the nutrition of the indigenous population of the Northeastern Transbaikal]. *Voprosy pitaniya*, 1974, no. 4, pp. 34-38.

7. Lipatov N. N. Ocenka mjasa severnyh oleney kak syr'ja dlja proizvodstva produktov detskogo pitaniya [Evaluation of reindeer meat as a raw material for the production of baby foods]. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*, 1999, no. 10, pp. 23-26.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Богдан Елена Геннадьевна – Мурманский государственных технический университет; аспирант кафедры технологии пищевых производств; E-mail: phayana@yandex.ru

Bogdan Elena Gennadijevna – Murmansk State Technical University; Post-graduate student; Department of Food Technology; E-mail: phayana@yandex.ru

Туришук Евгения Григорьевна – Мурманский государственных технический университет; кандидат технических наук, доцент ВАК; профессор кафедры технологии пищевых производств; E-mail: phayana@yandex.ru

Turshuk Eugenia Grigorievna – Murmansk State Technical University; Candidate of Technical Sciences, associate professor of VAK; Professor of the Department of Food Technology; E-mail: phayana@yandex.ru

УДК 591.133:664.957(06)

СОДЕРЖАНИЕ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И СПОСОБ ИХ ЧАСТИЧНОГО
УДАЛЕНИЯ В ПОКРОВНЫХ ТКАНЯХ РЫБ С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ДАННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ

В. И. Воробьев, М. П. Андреев, Е. В. Нижникова, Н. П. Нефёдова

THE CONTENT OF TOXIC ELEMENTS AND THE METHOD
FOR THEIR PARTIAL REMOVAL IN INTEGUMENTARY TISSUES OF FISH,
WITH THE AIM OF USING THIS RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF
FEED PRODUCTS

V. I. Vorobyov, M. P. Andreev, E. V. Nizhnikova, N. P. Nefyodova

Цель исследований – определение содержания тяжёлых металлов и поиск способа их частичного удаления в чешуе рыб с целью использования её после предварительной обработки в качестве сырья для получения кормовой муки. В работе проведены токсикологические и физико-химические исследования покровных тканей рыб и готовой кормовой продукции, полученной на основе данного рыбного сырья (чешуя рыб). Отмечено, что чешуя сардины (*Sardina pilchardus*) и сардинеллы (*Sardinella aurita*), а также мука на их основе с добавлением голов трески (*Gadus morhua callarias*) имеют повышенное содержание цинка (до 132,5 мг/кг при нормативном показателе не более 100 мг/кг) согласно ГОСТ для муки кормовой рыбной. С целью снижения органических загрязнений (в том числе цинка) в чешуе рыб был разработан способ её сухой чистки, где в качестве чистящего агента было использовано сырье растительного происхождения (сухая спиртовая барда, пшеничные отруби их смесь и др.). Исследования химического состава муки кормовой из чешуи сардинеллы, полученной с использованием способа сухой чистки (чешуя / пшеничные отруби в соотношении 1:2 по массе), показали, что произошло значительное снижение уровня цинка в обработанной чешуе (8,26 мг/кг, исходное содержание 121 мг/кг), т. е. в 14,6 раза по сравнению с необработанной чешуёй, и его содержание не превышает нормативный показатель. Мука кормовая на основе чешуи сардины с добавлением размороженной кильки, полученная с использованием способа сухой чистки (чешуя / смесь (сухая спиртовая барда - 75% и пшеничные отруби - 25%) в соотношении 1:1 по массе) содержала 46,8 мг/кг цинка (исходное содержание в чешуе 132,5 мг/кг).

токсичные элементы, рыбная чешуя, покровные ткани рыб, цинк, способ сухой чистки

The purpose of the research – determination of heavy metals content and finding a way for their partial removal in fish scale to use it after pre-processing as a raw material to produce forage. The paper deals with the toxicological and physico-chemical studies of integumentary tissues of fish and finished feed products derived from this fish raw material (fish scale). It has been noted that the scale of sardine (*Sardina pilchardus*)

and sardinella (*Sardinella aurita*), and the flour made using cod heads (*Gadus morhua callarias*), has a high zinc content (up to 132.5 mg/kg with a standard indicator of not more than 100 mg/kg), according to the National State Standard for fish meal. With the aim of reducing organic pollution (including zinc) in fish scale, we have developed a method of dry cleaning, where raw materials of vegetable origin (dried distillery stillage, wheat bran and their mixture, etc.) were used as a cleaning agent. Studies of the chemical composition of the fodder flour from sardine scale, obtained using the dry cleaning method (scale / wheat bran in the ratio 1:2 by weight) showed that there was a significant decrease in the level of zinc in the treated scale (8,26 mg/kg, the initial content of 121 mg/kg), that is, 14.6 times lower compared with rough scale, and its content does not exceed the standard rate. Fodder meal based on sardine scale with addition of defrosted sardines, obtained using the dry cleaning method (scale/ mix (dried distillery stillage -75% and wheat bran - 25%) in the ratio 1:1 by weight) contained 46.8 per mg/kg of zinc, (original content in the scale- 132.5 mg/kg).

toxic elements, fish scale, integumentary tissues of fish, zinc, dry cleaning method

ВВЕДЕНИЕ

Скорость поступления загрязняющих веществ в Мировой океан в настоящее время значительно возросла. Примерно 90 % всех сбрасываемых промышленных стоков не проходят предварительную очистку. Уровни содержания токсичных элементов в морской воде представляют уже реальную, а не потенциальную угрозу, особенно в прибрежных промышленных и урбанизированных районах. Наибольший риск связан с загрязнением прибрежных районов соединениями ртути, меди, цинка, кадмия [1]. Рыбы, являясь ключевыми видами гидробионтов, и выступающие, как правило, в качестве одного из последнего звена в трофических цепях, обладают способностью накапливать сверхкритические концентрации загрязняющих веществ [2]. Покровные ткани рыб являются первым барьером, препятствующим попаданию токсических элементов в организм рыб из водной среды. Поэтому содержание, например, тяжёлых металлов в слизи, чешуе и коже рыб может превышать предельно допустимые концентрации (ПДК), разрешённые для использования в качестве сырья для кормовых и пищевых целей [3-6].

Снизить содержание тяжёлых металлов в пищевой продукции без ухудшения её пищевой ценности весьма проблематично. Это связано с тем, что, например, в пищевом сырье, богатом белками, большая часть тяжёлых металлов соединена с металлотионеином (семейство низкомолекулярных белков от 500 Да до 14 кДа, содержащих значительное количество аминокислоты - цистеина), образуя прочные белковые комплексы [7]. По содержанию тяжёлых металлов пищевую (кормовую) продукцию классифицируют следующим образом: «чистая» - содержание тяжёлых металлов ниже ПДК; «условно-годная» - содержание тяжёлых металлов выше ПДК, но не более 2 ПДК; «негодная» - содержание тяжёлых металлов больше 2 ПДК [7]. «Условно-годная» пищевая (кормовая) продукция может быть разрешена органами Ростехнадзора для реализации с учётом конкретных условий: размера партии, вида продукции, размера её потребления и количества в суточном рационе. Перевод коллагенсодержащего

рыбного сырья (покровные ткани рыб) в категорию «чистая» пищевая (кормовая) продукция и, соответственно, разработка экономически эффективного способа переработки является весьма актуальной задачей, особенно для малых и средних рыбоперерабатывающих предприятий.

В Калининградской области существует проблема переработки коллагенсодержащего рыбного сырья, в частности рыбной чешуи, получаемой в процессе разделки рыбы, объём которой оценивается в 400 т/год.

Цель исследований – определение содержания тяжёлых металлов и изыскание способа их частичного удаления в чешуе рыб с целью использования её после обработки в качестве сырья для получения кормовой муки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись чешуя сардины (*Sardina pilchardus*) и сардинеллы (*Sardinella aurita*), кожа окуня (*Perca fluviatilis*), кожа и головы трески (*Gadus morhua callarias*), килька балтийская (*Sprattus sprattus balticus*).

Чешую рыб получали с рыбконсервного комплекса ООО «Роскон» (г. Пионерский), кожу окуня, кожу и головы трески и кильку балтийскую с рыбоперерабатывающих предприятий ООО «Раскат-Трейд» (п. Каширское) и ООО РК «За Родину» (г. Светлый).

Исследования макро- и микроэлементного состава покровных тканей рыбы и готовой продукции проводили в химической лаборатории Института океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук методом атомно-абсорбционного анализа (AA240FS Fast Segyential Atomic Absorption Spectrometer “Varian”), а также в сертифицированном лабораторном центре АтлантНИРО. Физико-химический контроль образцов кормовой муки на основе рыбной чешуи осуществляли в ФГБУ «Центр агрохимической службы «Калининградский» и сертифицированном центре АтлантНИРО.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по содержанию токсичных элементов в чешуе сардины, сардинеллы, коже трески, а также в кормовой муке, полученной на основе рыбной чешуи, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание токсичных элементов в покровных тканях рыб
Table 1. Content of toxic elements in integumentary tissues of fish

Токсичные элементы	Норма не более мг/кг	Сардина (чешуя)	Сардинелла (чешуя)	Треска (кожа)	Мука (чешуя/кожа окуня)	Мука (чешуя/головы трески)
Свинец	5,0	0,34	1,9	0,61	0,65	0,60
Кадмий	2,0	0,81	0,46	0,11	0,13	0,11
Мышьяк	2,0	0,44	0,56	0,29	0,54	0,43
Ртуть	0,5	0,04	0,13	0,06	0,13	0,10
Медь	80,0	12,4	3,48	7,8	1,42	1,5
Цинк	100,0	132,5	121,0	74,7	91,8	115

Из табл. 1. видно, что нормативные показатели по содержанию цинка (не более 100 мг/кг согласно ГОСТ на муку кормовую рыбную) имеют повышен-

ные значения в образцах чешуи сардины и сардинеллы, а также кормовой муки на её основе [4].

С целью снижения органических загрязнений (в том числе цинка) в чешуе рыб был разработан способ её сухой чистки, где в качестве чистящего агента использовалось сырье растительного происхождения (сухая спиртовая барда, пшеничные отруби, их смесь и др.) [6, 8].

Результаты исследования химического состава муки кормовой из чешуи сардинеллы, полученной с использованием способа сухой чистки (чешуя / пшеничные отруби в соотношении 1:2 по массе), представлены в табл. 2.

Таблица 2. Химический состав муки кормовой из чешуи сардинеллы

Table 2. Chemical composition of the fodder meal from sardine scale

Наименование определяемого показателя муки кормовой	Единицы измерения	Допустимые значения	Результаты испытаний	Погрешность/неопределенность	Обозначение нормативных документов (НД) на метод испытаний
Физико-химические показатели					
Массовая доля азота	%	-	5,14	0,19	ГОСТ 13496.4-93
Массовая доля влаги	%	-	13,0	0,1	ГОСТ Р 54951-2012
Массовая доля жира	%	-	1,29	0,43	ГОСТ 32905-2014
Массовая доля хлористого натрия	%	-	0,29	0,05	ГОСТ 13496.1-98
Кислотное число	мг КОН/г	Не более 55,0	15,9	0,4	ГОСТ 13496.18-85
Массовая доля клетчатки	%	-	Менее 2,0	-	ГОСТ 31675-2012
Массовая доля золы	%	-	32,6	1,3	ГОСТ 32933-2014
Массовая доля протеина	%	-	32,12	0,95	ГОСТ 13496.4-93
Токсичные элементы					
Свинец (Pb)	мг/кг	Не более 5,0	3,69	1,29	ГОСТ Р 53100-2008
Мышьяк (As)	мг/кг	не более 2,0	0,18	0,05	ГОСТ Р 53101-2008
Кадмий (Cd)	мг/кг	не более 0,3	0,26	0,08	ГОСТ Р 53100-2008
Ртуть (Hg)	мг/кг	не более 0,5	0,04	0,01	МУК 4.1.1472-03
Железо (Fe)	мг/кг	-	55,0	11,0	ГОСТ 32343-2013
Медь (Cu)	мг/кг	не более 80	6,49	1,49	ГОСТ 30692-2000
Цинк (Zn)	мг/кг	не более 100	8,26	1,73	ГОСТ 30692-2000

Из табл. 2 видно, что значительно снизился уровень цинка в чешуе (8,26 мг/кг, исходное содержание 121 мг/кг), т. е. в 14,6 раза по сравнению с результатами табл. 1, и его содержание не превышает нормативный показатель.

Результаты исследования химического состава муки кормовой на основе чешуи сардины с добавлением размороженной кильки, полученные с использова-

нием способа сухой чистки (чешуя / смесь (сухая спиртовая барда – 75 % и пшеничные отруби – 25 %) в соотношении 1:1 по массе), представлены в табл. 3.

Таблица 3. Химический состав муки кормовой на основе чешуи сардины
Table 3. Chemical composition of the fodder meal based on sardine scale

Наименование определяемого показателя муки кормовой	Результаты испытаний	Обозначение НД на метод испытания
Массовая доля влаги, %	8,6	ГОСТ 7636-85
Массовая доля сырого протеина, %	45,5	ГОСТ 13496.4-93
Массовая доля кальция, %	11,8	ГОСТ 26570-95
Массовая доля фосфора, %	5,53	ГОСТ 26657-97
Массовая доля цинка, %	46,8	ГОСТ 30692-2000
Массовая доля сырого жира, %	8,8	ГОСТ 13496.15-93
Кислотное число, мг КОН в 1 г жира	22,4	ГОСТ 13496.18-85

Из табл. 3 видно, что значительно снизился уровень цинка в муке кормовой на основе чешуи сардины (46,8 мг/кг, исходное содержание 135 мг/кг), т. е. в 2,88 раза по сравнению с результатами табл. 1.

Таким образом, способ сухой чистки чешуи сардины и сардинеллы, очищенной пшеничными отрубями или смесью спиртовой барды и пшеничных отрубей, позволяет удалять органические примеси и снижать содержание цинка до нормативного показателя.

ВЫВОДЫ

Покровные ткани рыб являются первым барьером, препятствующим попаданию токсических элементов в организм рыб из водной среды. Поэтому содержание тяжёлых металлов в слизи, чешуе и коже рыб может превышать предельно допустимые концентрации (ПДК), разрешённые для использования в качестве сырья для кормовых и пищевых целей.

Чешуя сардины (*Sardina pilchardus*) и сардинеллы (*Sardinella aurita*) имеет повышенное содержание цинка по сравнению с нормативным показателем на кормовую рыбную муку (не более 100 мг/кг).

Способ сухой чистки чешуи (с использованием в качестве чистящего агента сырья растительного происхождения) способствует удалению органических загрязнений и частично цинка (до нормативных значений для кормовой рыбной продукции) и позволяет использовать её в качестве сырья для производства муки кормовой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ковалевич, О. Г. Основные загрязнители Мирового океана / О. Г. Ковалевич // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-zagryazniteli-mirovogo-okeana> (дата обращения: 30.03.2017).

2. Галатова, Е. А. Биологические особенности содержания тяжелых металлов в чешуе рыб семейства Percidae, Cyprinidae, Ecocidae, Siluridae / Е. А. Галатова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – №9(59). – С. 46-49.
3. Sauer, G. R. Zinc uptake and its effect on calcification in the scales of the mummichog, *Fundulus heteroclitus* / G R. Sauer, N Watabe // Aquatic toxicology. – 1984. – Т. 5. – № 1. – С. 51-66.
4. ГОСТ 2116-2000 Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных.
5. Овсяук, Е. А. Токсиканты промысловых рыб Северо-Восточной Атлантики и влияние технологических режимов рыбообработки на их снижение: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Овсяук Елена Алексеевна; С.-Петерб. гос. ун-т низкотемператур. и пищевых технологий. – Санкт-Петербург, 2001. – 16 с.
6. Воробьев, В. И. Влияние способа переработки рыбной чешуи на содержание тяжёлых металлов в кормовых добавках / В. И. Воробьев // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2017. – №. 44. – С. 111-122.
7. Донченко, Л. В. Безопасность пищевой продукции / Л. В. Донченко, В. Д. Надыкта. – Москва: Пищепромиздат, 2001. – 528 с.
8. Пат. (Россия), №.2621028 С1 А23К 10/38. Способ получения кормовой добавки или удобрения / В.И. Воробьев; опубл. 30.05.2017. Бюл. 16. – С.4.

REFERENCES

1. Kovalevich O. G. *Osnovnye zagryazniteli Mirovogo okeana* [Main pollutants of the World Ocean]. Nauchnye trudy Dal'rybvтуza, 2013. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-zagryazniteli-mirovogo-okeana> (Accessed 30 March 2017).
2. Galatova E. A. Biologicheskie osobennosti sodержaniya tyazhelykh metallov v cheshue ryb semeystva Percidae, Cyprinidae, Ecocidae, Siluridae [Biological features of the content of heavy metals in the scale of Percidae, Cyprinidae, Ecocidae, Siluridae]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009, no. 9(59), pp. 46-49.
3. Sauer G. R., Watabe N. Zinc uptake and its effect on calcification in the scales of the mummichog, *Fundulus heteroclitus*. *Aquatic toxicology*, 1984, vol. 5, no. 1, pp. 51-66.
4. GOST 2116-2000. Muka kormovaya iz ryby, morskikh mlekopitayushchikh, rakoobraznykh i bespozvonochnykh.
5. Ovsyuk E. A. *Toksikanty promyslovykh ryb Severo-Vostochnoy Atlantiki i vliyanie tekhnologicheskikh rezhimov ryboobrabotki na ikh snizhenie. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk* [Toxicants of commercial fish of the North-East Atlantic and the impact of technological regimes of fish processing on their reduction. Abstract of diss. cand. techn. sci.]. Saint-Petersburg, gos. un-t nizkotemperatur. i pishchevykh tekhnologiy, 2001, 16 p.
6. Vorob'ev V. I. Vliyanie sposoba pererabotki rybnoy cheshui na sodержa-nie tyazhelykh metallov v kormovykh dobavkakh [Influence of the method of processing

fish scale on the content of heavy metals in feed additives]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, no. 44, pp. 111-122.

7. Donchenko L. V., Nadykta V. D. *Bezopasnost' pishchevoy produktsii* [Food Safety]. Moscow, Pishchepromizdat, 2001, 528 p.

8. Pat. (Rossiya), № 2621028 S1 A23K 10/38. Sposob polucheniya kormovoy dobavki ili udobreniya. Vorob'ev V. I. Opubl. 30.05.2017. Byul. 16, 4 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Воробьев Виктор Иванович – Калининградский государственный технический университет; доцент кафедры химии;
E-mail: mobi.dik.10@mail.ru

Vorobyov Victor Ivanovich – Kaliningrad State Technical University;
Associate Professor of the Department of Chemistry;
E-mail: mobi.dik.10@mail.ru

Андреев Михаил Павлович – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник; E-mail: andreev@atlant.baltnet.ru

Andreev Mikhail Pavlovich – Kaliningrad State Technical University;
Doctor of Engineering, Professor, Senior Researcher;
E-mail: andreev@atlant.baltnet.ru

Нижникова Елена Владимировна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры химии; E-mail: niznikova6462@mail.ru

Nizhnikova Elena Vladimirovna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry;
E-mail: niznikova6462@mail.ru

Нефёдова Наталья Павловна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры химии

Nefyodova Natalia Pavlovna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry

УДК 663.053

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТОСУБТИЛИНА Г3х ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ
ОБРАЗОВАНИЙ МИКРОЭМУЛЬСИЙ ПРИ ГИДРОЛИЗЕ ПАНЦИРНЫХ
ОТХОДОВ СЕВЕРНОЙ КРЕВЕТКИ

М. В. Самсонов

USING PROTOSUBTILIN G3x TO PREVENT THE FORMATION OF
MICROEMULSIONS UNDER HYDROLYSIS OF CRUSTACEAN WASTE OF
NORTHERN SHRIMP

M. V. Samsonov

В данной статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния протеолиза на панцирные отходы северной розовой креветки *Pandalus borealis* в присутствии мультиферментного препарата Протосубтилин Г3х. Гидролиз проходил в термостате четыре часа при постоянной температуре 37 °С и отсутствии света.

Анализ полученных данных по гидролизу ферментно-субстратной системы с различной начальной концентрацией протеаз (0,3; 0,5 и 0,7% от массы сырья) свидетельствует о возможной зависимости, при которой увеличение азота конечных аминогрупп связано с нарастанием эмульгирующих свойств азотосодержащих веществ (АСВ) различной молекулярной массы. При этом установлено, что значительная концентрация гидрофобных низкомолекулярных АСВ влияет на образование многофазных микрогетерогенных систем (микроэмульсии), не позволяющих эффективно фракционировать белковые взвеси и липиды.

Экспериментальные исследования показали, что концентрация ферментного препарата 0,7% в течение первого этапа протеолиза повышает степень депротеинизации панцирьсодержащих отходов (ПСО) до максимального уровня при одинаковом значении АСВ с эмульгирующими свойствами. Это объясняется отщеплением белковых взвесей с гидрофильными аминокислотами на концах от субстрата. Увеличенная концентрация протеазы дает возможность проводить параллельные реакции гидролиза субстрата и белковых взвесей, перешедших в бульон, с высвобождением липидов. Установлено, что при меньших концентрациях (0,5 и 0,3%) ферментного препарата количество эмульгированных липидов в гидролизате увеличивается.

Использование хитозана в качестве осаждающего агента позволило определить оптимальное время гидролиза (2 ч), при котором достигается максимальное осаждающее значение для АСВ в эмульгированном и свободном виде (96%). Доказано, что соотношение эмульгированных липидов среднего слоя к общему значению жира в гидролизате обуславливает динамику образования микроэмульсий.

протеолиз, белок, протосубтилин Г3х, азот конечных аминогрупп, динамика, расщепление, эмульсия

This article presents the results of theoretical and experimental studies on the influence of proteolysis in crustacean wastes of the Northern pink shrimp *Pandalus borealis* in the presence of a multi enzyme preparation protosubtilin G3x. The hydrolysis took place in the thermostat, four hours at a constant temperature of 37⁰ and absence of light.

Analysis of experimentally obtained data on the hydrolysis of enzyme-substrate systems with different initial protease concentration (0,3%, 0,5% and 0,7% by weight of raw material) shows possible dependence of the buildup of nitrogen terminal amino groups with increasing hydrophobic aspirations of nitrogen containing substances (NCS) of different molecular weight. Significant concentration of hydrophobic low-molecular NCS influences the formation of multi-phase microheterogeneous systems (microemulsions) that does not allow effective fractionation of protein suspension and lipids.

A large concentration of enzyme preparation allows us at the first stage of proteolysis to increase the degree of PRS deproteinization to the maximum level, with the same value of NCS with a hydrophobic aspiration. This is achieved by chipping off of the substrate protein suspensions with hydrophilic amino acids at the ends. The increased concentration of the protease allows for parallel reactions of hydrolysis of substrate and protein suspensions that have fallen into the broth, with the release of lipids. A smaller value of the enzyme preparation increases the number of emulsified lipids in the hydrolysate.

The use of chitosan as a precipitating agent allowed us to determine the optimal time of hydrolysis, at which the maximum value for the NCS is achieved in emulsified and free condition. To determine the dynamics of the formation of microemulsions we used the dependence of emulsified lipids of the middle layer on the total value in the hydrolyzate.

proteolysis, protein, protosubtilin G3x, nitrogen of the amino end-groups, dynamics, splitting, emulsion

Гидролиз ПСО ракообразных является перспективным направлением переработки гидробионтов. Он позволяет получать высококачественный биологический продукт с большим содержанием протеина, липидов и каротиноидов. Применение протеаз является более предпочтительным способом переработки панцирьсодержащих отходов по сравнению с другими методами проведения гидролиза, так как ферментные препараты имеют значительную специфичность воздействия на субстрат, а протеолиз проходит в "приемлемых" условиях, что дает возможность сохранять биологически активные комплексы (БАК) с разным количественным составом в гидролизате [1].

Изучение ферментативного гидролиза белкового сырья позволяет определять уровень и степень депротеинизации субстратов, которые необходимо учитывать при выборе ферментного препарата, начального состояния и вида сырья, режима и продолжительности процесса гидролиза [1].

При протеолизе образуются моно- и мультикомпонентные БАК с различным распределением по молекулярной массе [2]. Соотношение компонентов получаемых гидролизатов обуславливается применяемыми ферментными препаратами и режимами протеолиза [1, 2].

Под действием ферментов разрушаются связи протеина с липидами и хитино-минеральным матриксом, что облегчает дальнейшее фракционирование компонентов, увеличивая хранимоспособность гидролизатов, а также расширяет ассортимент получаемых БАК. Однако применение ряда ферментных препаратов не позволяет эффективно использовать механические методы (центрифугирование, сепарирование) фракционирования и осаждения, так как связано с появлением устойчивых микроэмульсий (типа вода-липид). Образование эмульсий может быть обусловлено специфичностью субстрата, ферментного препарата, а также режимом проведения протеолиза [3].

Динамика образования эмульсий определяется устойчивым распределением одной жидкости в другой в виде микрокапель. Исследования ученых Л. Я. Кремнева, А. А. Равделя показали, что процесс эмульгирования начинается с механического диспергирования, т.е. микрокапли приобретают форму цилиндра-нити, после этого происходит их распад с последующей стабилизацией осколков, присутствующих в системе эмульгаторов [4].

В качестве эмульгаторов (гидролизата) могут выступать боковые остатки гидрофобных полипептидов, т. е. азотосодержащие вещества (АСВ), несущие заряды и способные к образованию связей (водородных). При этом отрицательно заряженные углероды (связи с водородом неполярные) не образуют водородные связи, значит, углеводородные цепи гидрофобные. Таким образом, происходит выталкивание этих цепей молекулами воды с произвольным образованием ассоциатов. Из-за некоторых аминокислот (Val, Ala, Leu, Ile, Phe, Tyr, Trt) в белках возникают гидрофобные свойства, способствующие сворачиванию полипептидных цепей в клубок, внутри которого находятся гидрофобные полипептиды со связанными липидами, а на поверхности – гидрофильные группы [5].

Наличие в составе гидролизата стабильных эмульсий ведет к усложнению и удорожанию технологического процесса концентрации и фракционирования или к потерям БАВ. При этом конечный продукт может содержать существенное количество липидов (до 8-9%), снижающих, в свою очередь, возможности его широкого применения и хранимоспособность [6, 7].

Основные способы разрушения эмульсий связаны с применением температурного и рН фактора, дополнительных ферментных препаратов, а также использованием органических растворителей, что приводит к увеличению затрат на переработку ПСО, снижению качественных показателей конечного продукта и усложнению технологического процесса переработки [8, 9].

Существующий способ получения белковых гидролизатов с низким содержанием липидов, предложенный А. П. Черногорцевым и Р. Г. Разумовской, основан на частичном протеолизе (или автопротеолизе) с высвобождением высокомолекулярных белковых комплексов и дальнейшим термическим осаждением [10], что позволяет эффективно отделить липидную фракцию от белкового субстрата, при этом разрушаются каротиноиды и каротинопротеины (КПК) [11].

Возможным способом снижения образования микроэмульсий в гидролизате является предварительное суспензирование [12, 13]. Такое технологическое решение позволяет удалять значительную часть липидов перед гидролизом, снизив начальную их концентрацию в субстрате [13].

Применение суспензирования и оптимизированного режима протеолиза дает возможность уменьшить потери БАК, однако специфичность и себестоимость

ферментных препаратов не позволяют эффективно и широко внедрять технологию гидролиза ПСО в производство [13]. Решение данной проблемы заключается в поиске механизмов управления процессами образования микроэмульсий, использования протеазы с необходимой специфичностью воздействия на субстрат и применения предварительного суспензирования [14, 15].

В качестве недорогого ферментного препарата может использоваться Протосубтилин Г3х нейтральный. Его особенность – наличие в составе комплекса протеаз (нейтральной и щелочной), что позволяет подбирать желаемые режимы гидролиза и концентрацию фермента [14 – 16].

Цель работы: используя протосубтилин Г3х, выявить закономерности для управления процессами образования микроэмульсий при протеолитическом варении ПСО северной креветки (*Pandalus borealis*) во время извлечения КПК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследований использовался вареный белково-минеральный субстрат северной креветки, дефростированный на воздухе, с частично удаленным эпителиальным слоем. Химический состав субстрата - белок 11,2 %, липиды 5,5 (в том числе 0,98 % каротиноидов), минеральные вещества 5,2, влага 74, хитин 4,2%.

Для гидролиза использовалась протеаза микробиологического происхождения - Протосубтилин Г3х нейтральный (protosubtilin G3x), таблица.

Таблица. Характеристика протеолитических ферментов Протосубтелина Г3х
Table. Characteristics of Protosubtilin G3x proteolytic enzymes

Наименование протеазы в составе протосубтелина	Содержание фермента на 1 г препарата, ед.	$m_{\text{фермента}}$ на 1 г препарата, г	Удельная активность фермента, ед./г	Оптимальная	M_r , кДа	Специфичность действия
Нейтральная протеаза	75	$\approx 3 \times 10^{-12}$	70 ± 7	рН 6,8-7,2; t 35-50°C	35-40	Способны разрушать все типы белковых матриц. Высвобождает аминокислоты с гидрофобными свойствами [17]
Щелочная (сериновая) протеаза	45	$\approx 1.8 \times 10^{-12}$	До 1100	рН 8,0-10,0; t 30-60°C	27-30	Обладает поверхностно-активными свойствами. Двухступенчатая реакция гидролиза [17]

Измельчение ПСО производилось в куттере Rimak 5 lt. Суспензирование осуществлялось при температуре 21⁰С и длилось не более 5 мин. Процесс протеолиза продолжался 4 ч при температуре 37⁰С в термостате, концентрация фермента составила 0,3% (образец 3), 0,5 (образец 1) и 0,7% (образец 2) от массы сырья, гидромодуль 1:10 (0,1).

Массовая доля влаги определялась по ГОСТ 13496.3-92 (ИСО 6496-83), сущность метода заключается в высушивании до постоянной массы при температуре 100–105⁰С в течение не менее 3 ч.

Массовая доля хитина вычислялась посредством последовательного выдерживания ПСО в концентрированных растворах кислоты, щелочи, промывки, сушки и расчета массовой доли осадка.

Формольно-титруемый азот (ФТА) **находился по методу Черногорцева.**

Для определения динамики перехода азотосодержащих веществ в бульон использовался ГОСТ Р 54607.7-2016. Отбор и подготовка проб осуществлялись по ГОСТ 26313 и ГОСТ 26671.

Массовую долю жира находили с помощью ГОСТ 13496.15-2016.

Применялись стандартные методы очистки каротиноидов и подготовки анализов по ГОСТ 54058-2010. Содержание астаксантина в образцах, полученных вышеперечисленными способами, определяли на фото-электроколориметре (ФЭК) модели 2МК.

Центрифугирование проводилось при 5000 об/мин в течение 15 мин.

Растворение хитозана осуществлялось в водной среде с кислотным значением рН=4,5, обезвоживание взвесей, концентрированных этим осадителем, – в вакуумной установке на базе лаборатории АтлантНИРО.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели ФТА (рис. 1), использовались для отображения конечных аминокрупп с гидрофильными свойствами [18, 19].

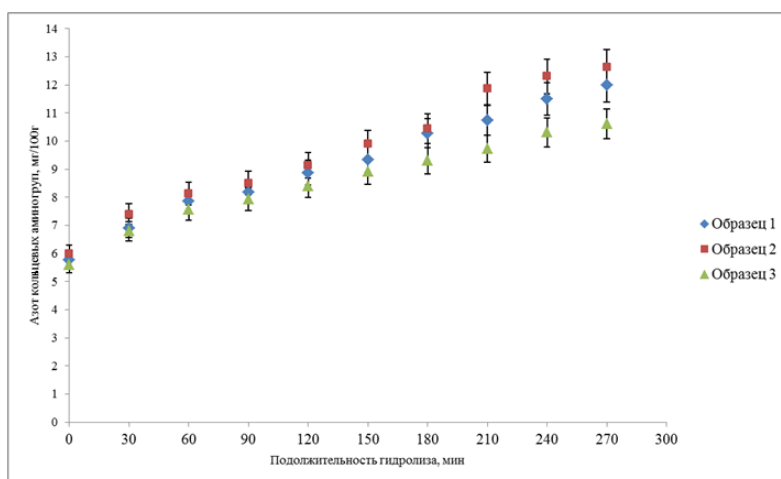


Рис. 1. Динамика нарастания азота концевых аминокрупп в среднем слое (ФТА_{ср}) после центрифугирования
 Fig. 1. Dynamics of the increase of the nitrogen amino end-groups in the middle layer (FTN) after centrifugation

Положительная динамика ФТА каждого образца наблюдается на всех временных этапах гидролиза, что объясняется отщеплением от субстрата крупных белковых взвесей с последующим переходом их в бульон и дальнейшим гидролизом. Интенсивность нарастания азота концевых аминогрупп обуславливается начальной концентрацией фермента в образцах (чем больше начальная концентрация фермента, тем интенсивнее динамика ФТА). При этом максимальное значение ФТА наблюдалось у образца 2.

Для определения количества АСВ с эмульгирующими стремлениями использовалось соотношение ФТА_{ср}/ОА (рис. 2).

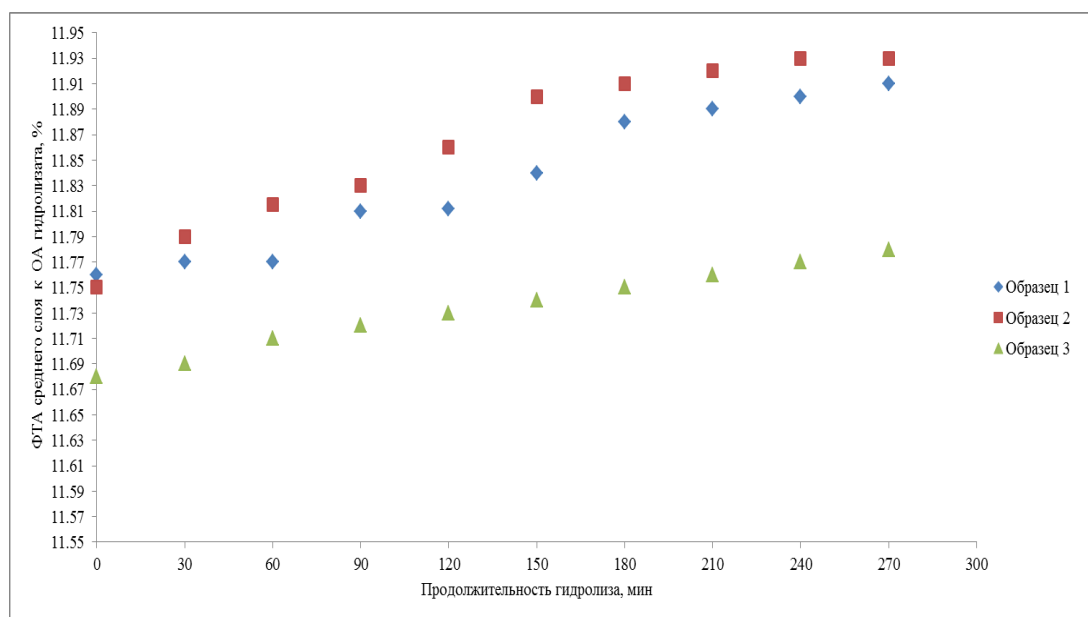


Рис. 2. Соотношение ФТА_{ср}/ОА гидролизата
 Fig. 2. Correlation between of FTN and ON hydrolyzate

Соотношение ФТА_{ср}/ОА для трех образцов находится в пределах 0,28% (рис. 2). Однако при схожих динамиках и режимах гидролиза образцы имели разную концентрацию фермента и разную степень гидролиза субстрата (в зависимости от количества протеазы). Следовательно, они могут иметь одинаковые значения АСВ с эмульгирующими свойствами.

Определение количества низкомолекулярных эмульгированных АСВ осуществлялось с применением осаждающего агента. В качестве осадителя использовался хитозан (выбор обуславливается его высокими осаждающими свойствами и химической инертностью к компонентам гидролизата) [20].

Осаждение хитозаном показывает степень гидролиза АСВ, перешедших в бульон и обладающих эмульгирующими свойствами (рис. 3). Максимальное значение осажденных АСВ для всех образцов соответствовало двум часам гидролиза, это объясняется интенсивным переходом в бульон крупных белковых взвесей и комплексов (КПК), отщепленных от субстрата. Дальнейшие временные этапы гидролиза характеризуются снижением осаждаемых АСВ, которое может

быть связано с распадом эмульгирующих образований на низкомолекулярные осколки, не осаждаемые хитозаном и не образующие эмульсии [19, 20].

Однако образец 2 характеризуется более высоким значением осаждённых АСВ на временном интервале в два часа ($\approx 96\%$), следовательно, оставшиеся 4% – это низкомолекулярные АСВ и прочие (минеральные), не образующие эмульсий, что, возможно, объясняется недостаточным содержанием липидов в среднем слое или отсутствием эмульгирующих стремлений.

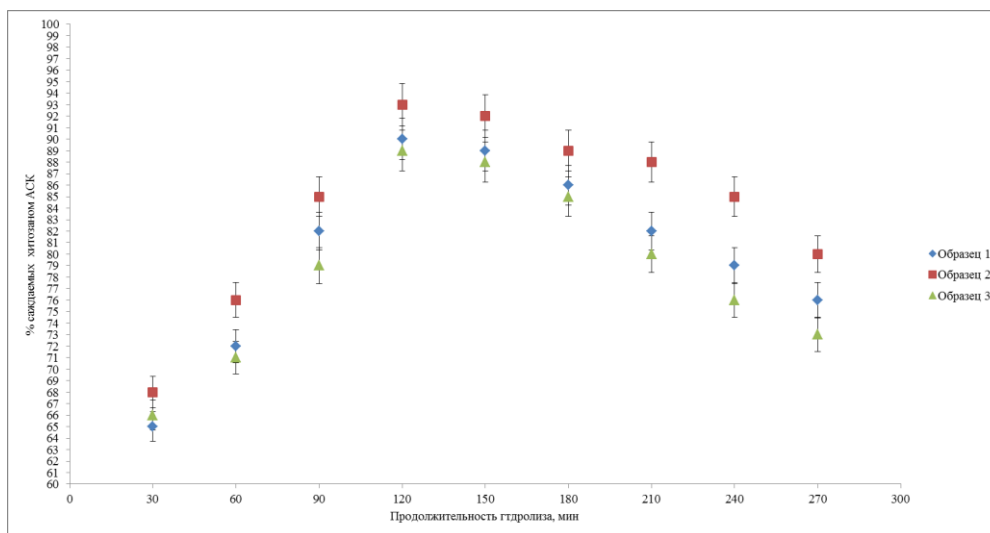


Рис. 3. Осаждение хитозаном азотосодержащих веществ среднего слоя
 Fig. 3. Deposition of the chitosan nitrogen-containing substances of the middle layer

Дальнейшие исследования связаны с изучением эмульгированных липидов гидролизата в сопоставлении с общим количеством извлеченного жира (рис. 4).

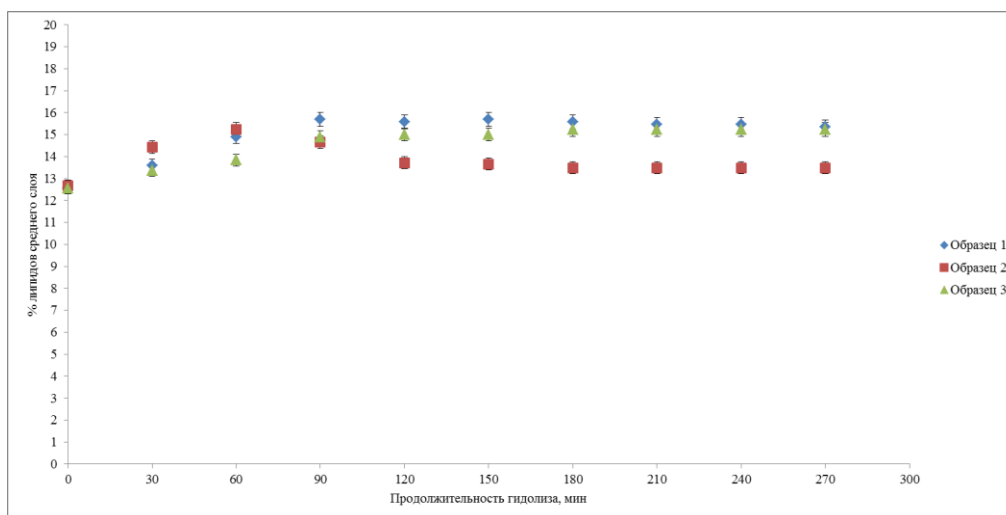


Рис. 4. Отношение липидов среднего слоя к сумме липидов
 верхнего и среднего слоя
 Fig. 4. Dependence of lipids in the middle layer on the amount of lipids
 in the upper and middle layer

Соотношение липидов разных слоев варьируется в пределах 3%, однако образец 2 достигает предельного значения в течение первого часа гидролиза (0-60), что объясняется максимальной степенью эмульгированности липидов среднего слоя. Следующий этап (60-180 мин) характеризуется снижением количества эмульсий за счет параллельной реакции распада крупных взвесей АСВ, перешедших в бульон, на низкомолекулярные АСВ с высвобождением липидов и гидролизом субстрата. Завершающий этап отличается нулевым изменением, что объясняется образованием стабильных эмульсий среднего слоя за счет эмульгирующих стремлений АСВ с низкой молекулярной массой.

Образец 1 на начальном этапе (0-90 мин) также характеризуется положительной динамикой и дальнейшей стабилизацией (при достижении максимального значения) эмульгированных липидов среднего слоя на последующих этапах. Однако ферментативная активность по отношению к АСВ, перешедшим в бульон, минимальна.

Образец 3 отличается положительной линейной динамикой на всех этапах протеолиза, что связано с медленным переходом взвесей белка в субстрат из-за недостаточного влияния фермента на него и АСВ, перешедших в бульон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснованы оптимальные условия гидролиза (2 ч при $t=37\text{ }^{\circ}\text{C}$, pH 7,2) и концентрация ферментного препарата (0,7%).

При варьировании концентрации ферментного препарата протосубтилин ГЗх в 0,7 % наблюдается параллельная реакция гидролиза субстрата и АСВ, перешедших в бульон, что позволяет контролировать процессы образования и количество эмульсий в гидролизате. Концентрации в 0,3 и 0,5% недостаточно для проведения параллельных реакций.

Выявлено, что при разной степени гидролиза субстрата количественные показатели АСВ с эмульгирующими свойствами могут быть одинаковыми.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Немцев, С. В. Получение низкомолекулярного водорастворимого хитозана / С. В. Немцев // Биотехнология. – 2001. – № 6. – С. 37 – 42.
2. Кретович, В. Л. Введение в энзимологию / В. Л. Кретович. – Москва: Наука, 1974. – 270 с.
3. Неклюдов, А. Д. Получение и очистка белковых гидролизатов / А. Д. Неклюдов, А. Н. Иванкин, А. В. Бердугина // Прикладная биохимия и микробиология. – 2000. – Т. 36, № 4. – С. 371 – 379.
4. Мицеллообразование, солубилизация и микроэмульсии / под ред. К. Миттел. – Москва: Коллоидная химия, 1980. – 154 с.
5. Келети, Т. Основы ферментативной кинетики / Т. Келети. – Москва: Мир, 1990. – 78 с.
6. Бахолдина, Л. П. Исследования технологических характеристик и процессов обработки антарктического криля / Л. П. Бахолдина // Сборник трудов АтлантНИРО. – 2008. – № 3. – С. 27 – 35.
7. Корниш-Боуден, Э. Основы ферментативной кинетики / Э. Корниш-Боуден. – Москва: Мир, 1979. – 139 с.

8. Armenta, E. Amino acid profile and enhancement of the enzymatic hydrolysis of fermented shrimp carotenoproteins/ E. Armenta, I. Guerrero-Legarreta // *Journal of Food Chemistry*. – 2009. – V.112, No 2. – P. 310 – 315.

9. Неклюдов, А. Д. Получение и очистка белковых гидролизатов / А. Д. Неклюдов, А. Н. Иванкин, А. В. Бердугина // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2000. – Т. 36, № 4. – С. 371– 379.

10. Толстогузов, В. Б. Новые формы белковой пищи. Технологические проблемы и перспективы производства / В. Б. Толстогузов. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 303 с.

11. Simpson, B. K. The use of proteolytic enzymes to extract Carotenoproteins from shrimp wastes / B. K. Simpson // *Journal of Applied Biochemistry*. – 1985. – V. 44, No 1. – P. 212 – 222.

12. Самсонов, М. В. Исследование процесса гидролиза панцирных отходов вареной креветки с использованием протосубтилина / М. В. Самсонов, М. Л. Винокур, М. П. Андреев // *Известия КГТУ* – 2017. – № 46. – С. 90 – 101.

13. Немцев, С. В. Комплексная технология хитина и хитозана из панциря ракообразных / С. В. Немцев. - Москва: Изд-во ВНИРО, 2006. – 107 с.

14. Rawlings, N. D. Proteolytic enzymes: aspartic and Metallopeptidases / N. D. Rawlings, A. J. Barrett // *Methods in enzymology*. – 1995. – V. 248. – P. 183 – 228.

15. Matthews, B. W. Threedimensional structure of thermolysin / B. W. Matthews, J. N.Jansonius, P. M. Colman, B. P. Schoenborn // *Nature new biology*. – 1972. – V. 238. – P. 37 – 41.

16. Stark, W. The structure of neutral protease from *Bacillus cereus* at 0.2-nm resolution / W. Stark, R. A.Paupit, K. S.Wilson, J. N. Jansonius // *Eur. J. Biochem.* – 1992. – V. 207. – P. 781–791.

17. Rao, M. B. Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases / M. B. Rao, A. M. Tanksale, M. S. Ghatge, V. V. Deshpande // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* – 1998. – V. 62, No 3. – P. 597 – 635.

18. Ferrer, J., Paez, G., Marmol Z., Ramones E., Garcia H., Forster C.F. Acid hydrolysis of shrimp-shell wastes and the production of single cell protein from the hydrolysate [*Bioresource Technology*]. –1996, P. 55 – 60.

19. Черногорцев, А. П. Технология получения новых белковых продуктов: учеб. пособие для вузов / А. П. Черногорцев, Р. Г. Разумовская. – Мурманск, 1999. –76 .

20. Хитин и хитозан: получение, свойства и применение / В. П. Варламов [и др.]. – Москва: Наука, 2002. – 368 с.

REFERENCES

1. Nemtsev S. V. Poluchenie nizkomolekuljarnogo vodorastvorimogo hitozana [Preparation of low molecular water-soluble chitosan]. *Biotechnology*, 2001, no 6, pp. 37-42.

2. Kretovich V. L. *Vvedenie v jenzimologiju* [Introduction to Enzymology] Moscow, 1974, vol. 1, pp. 250-270.

3. Nekljudov A. D. Poluchenie i ochistka belkovykh gidrolizatov [Obtaining and purification of protein hydrolysates]. *Journal of Applied biochemistry and Microbiology*, 2000, vol. 34, pp. 371-379.

4. Mittel K. Micelloobrazovanie, soljubilizacia i mikrojemul'sii [Micelle formation, solubilisation and microemulsions]. Moscow, *Journal Colloid and surface chemistry*, 1980, 154 p.

5. Keleti T. *Osnovy fermentativnoj kinetiki* [Fundamentals of enzyme kinetics]. Moscow, Izd. tsentr "MIR", 1990, 78 p.
6. Baholdina L. P. Issledovanie tehnologicheskikh harakteristik i processov obrabotki antarkticheskogo krilja [Study of technological characteristics and processing of Antarctic krill]. *Journal of AtlantNIRO*, 2008, vol. 3, pp. 27-35.
7. Kornish-Bouden JE. *Osnovy fermentativnoj kinetiki* [Basics of enzyme kinetics]. Moscow, Izd. tsentr "MIR", 1979, 139 p.
8. Armenta E. Amino acid profile and enhancement of the enzymatic hydrolysis of fermented shrimp carotenoproteins. *Journal of Food Chemistry*. 2009, vol. 112, no. 2, pp. 310-315.
9. Nekljudov A. D. Poluchenie i ochistka belkovyh gidrolizatorov [Production and purification of protein hydrolysates]. *Journal Applied biochemistry and Microbiology*, 2000, vol. 4, pp. 371-379.
10. Tolstoguzov V. B. *Novye formy belkovej pishchi. Tehnologicheskie problemy i perspektivy proizvodstva* [New forms of protein foods. Technological problems and production prospects]. Moscow, Izd. tsentr "Agropromizdat", 1987, 303 p.
11. Simpson B. K. The use of proteolytic enzymes to extract Carotenoproteins from shrimp wastes. *Journal of Applied Biochemistry*. 1985, vol. 44, no. 1, pp. 212-222.
12. Samsonov M. V. Issledovanie processa gidroliza pancirnyh othodov varenoj krevetki s ispolzovaniem protosubtilina [Study of the hydrolysis process of crustacean waste of boiled shrimps using protosubtilin]. *Journal of the proceedings of KSTU*, 2017, vol. 46, pp. 90-101.
13. Nemtsev S. V. *Kompleksnaja tehnologija hitina i hitozana iz pancirja rakoobraznyh* [Complex technology of chitin and chitosan from the shell of crustaceans]. Moscow, Izd. tsentr "VNIRO", 2006, 107 p.
14. Rawlings N. D. Proteolytic enzymes: aspartic and Metallopeptidases. *Journal Methods in enzymology*. 1995, vol. 248, pp. 183-228.
15. Matthews B. W. Threedimensional structure of thermolysin. *Journal Nature new biology*. 1972, vol. 238, pp. 37-41.
16. Stark W. The structure of neutral protease from *Bacillus cereus* at 0.2-nm resolution. *Journal Biochem*. 1992, vol. 207, pp. 781-791.
17. Rao M. B. *Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases*. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 1998, vol. 62, no 3, pp. 597-635.
18. Ferrer J. Acid hydrolysis of shrimp-shell wastes and the production of single cell protein from the hydrolysate. *Journal Bioresource Technology*. 1996, pp. 55-60.
19. Chernogorcev A. P. *Tehnologija poluchenija novyh belkovyh produktov: uchebnoe posobie dlja vuzov* [Technology of new protein products: textbook for universities]. Murmansk, 1999, 76 p.
20. Varlamov V. P. *Hitin i hitozan: poluchenie, svojstva i primenenie* [Chitin and chitosan: production, properties and applications]. Moscow, 2002, 368 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Самсонов Максим Вячеславович – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры «Технология продуктов питания»;
E-mail: Samsonov-Sk@ya.ru

Samsonov Maxim Vyacheslavovich – Kaliningrad State Technical University;
Postgraduate student of the Department of Food Technology;
E-mail: Samsonov-Sk@ya.ru

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.4 : 551.5

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ПЕСТРОТА ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ
В ПОЧВЕННЫХ МИКРОКОМБИНАЦИЯХ

О. А. Анциферова

SPATIAL DIVERSITY OF THE PRODUCTIVE MOISTURE RESERVES IN SOIL
MICRO-COMBINATIONS

O. A. Antsiferova

Исследования проведены в 2016 г. на двух пахотных полях в пределах Полесского района Калининградской области. Почвенный покров низменной моренной равнины на междуречных автономных позициях рельефа представлен микрокомбинациями дерново-подзолистых глееватых почв. Факторами дифференциации почвенных компонентов в комбинации являются литологические условия и рельеф. Выявлено неравномерное пространственное положение пласта тяжелых суглинков и глин в пределах почвенного профиля. Это стало причиной различий режима влажности почвенных компонентов в комбинации. Запасы продуктивной влаги больше в почвах с глубоким залеганием подстилающей породы (90 – 100 см). Близкое расположение к поверхности тяжелой породы (с 40 см) приводит к быстрой потере продуктивной влаги в засушливые периоды. Недостаток влаги снижает урожайность кормового люпина. В нижних частях пологих приречных склонов сформировались микрокомбинации дерновых оглеенных почв при близком залегании грунтовых вод в сочетании с увлажнением намывными склоновыми водами. Различия между компонентами почвенных комбинаций ярко выражены. Гидрологические условия в осушенных дерновых глееватых почвах благоприятны для многолетних бобово-злаковых трав во влажный год. Отдельные периоды иссушения связаны с влиянием корневой системы козлятника. Для дерново-сильноглееватых и глеевых почв характерны избыточные запасы продуктивной влаги и почвенные верховодки. Это отрицательно сказывается на урожайности бобовых трав. Пространственные различия запасов продуктивной влаги в метровой толще дерново-подзолистых глееватых почв составили 20-60, в дерновых оглеенных почвах – 50-100 мм. Во влажный год дерново-подзолистые глееватые и дерново-глееватые почвы функционировали в режиме влажности периодического капиллярного увлажнения. Отдельные компоненты комбинаций имели режим максимального капиллярного увлажнения в сырые периоды. Режим влажности дерново-сильноглееватой и дерново-глеевой почв близок к типу обводнения (постоянное присутствие капиллярной каймы в профиле).

запасы продуктивной влаги, дерново-подзолистые почвы, дерновые оглеенные почвы, почвенные микрокомбинации, урожайность бобовых трав

Studies were conducted in 2016 on two arable fields within the Polesky district of the Kaliningrad region. The soil cover on the moraine lowland plains interfluvial autonomous positions of the relief is represented by the micro-combinations of sod-podzolic gleysolic soils. Differentiation factors of the soil components are lithological conditions and relief. Uneven spatial position of the layer with heavy loams and clays within the soil profile has been revealed. This is the reason for differences in the moisture regime of soil components in combination. Productive moisture reserves are bigger in soils with deep underlying rocks (90 – 100cm). Heavy bedrock located close to the surface (40 cm) leads to a rapid loss of productive moisture in dry periods. The lack of moisture reduces the yield of fodder lupine. In the lower parts of the smooth riverside slopes, micro-combinations have been formed of sod gleyed soils with close occurrence of groundwater in combination with the moisture of the slope waters. The differences between the soil combinations components are strongly pronounced. Hydrologic conditions in the drained sod gleyed soils are favourable for the perennial legume grasses in a humid year. The root system of goat's rue dries out the soil. Sod-strongly gleysolic and gley soils are characterized by excessive productive moisture reserves of soil and perched waters. This negatively affects the yield of legumes. Spatial differences in productive moisture reserves in a meter thickness of sod-podzolic gleyed soils were 20 – 60 mm, for sod gleyed soils – 50 – 100 mm. In a humid year, sod-podzolic gleyed and sod-gleyed soils functioned in the moisture regime of periodic capillary moistening. Individual components of the combinations had a regime of maximum capillary moistening in wet periods. The moisture regime of sod-strongly gleyed and sod-gleyed soils is close to the type of watering impounding (constant presence of a capillary fringe in the profile).

productive moisture reserves, sod-podzolic soils, sod-gleyed soils, soil micro-combinations, yield of legumes

ВВЕДЕНИЕ

Почвенная влага является важным фактором почвообразования и плодородия. Некоторые морфологические признаки почвенного профиля отражают состояние, передвижение и формирование в нем влаги. Изучение трансформации водного режима под влиянием земледелия, закономерностей формирования запасов продуктивной влаги особенно актуально в период глобальных климатических изменений. Данные научных исследований лежат в основе программирования и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, управления производственным процессом [1 - 4].

Моренные равнины широко распространены на Северо-Западе России в зоне последнего Валдайского оледенения. Пространственная неоднородность рельефа и почвообразующих пород – основные ландшафтные факторы, влияющие на формирование и перераспределение потоков влаги в почвенной толще [5; 6].

Преобладающая часть почв Калининградской области осушается различными способами. Главным условием успешного ведения земледелия является регулирование водного режима в агроландшафтах. Однако этот аспект функционирования почв остается малоизученным. Информация по запасам продуктивной влаги в почвах региона ограничена и относится к XX в. [7].

Цель исследования: установить причины пространственного варьирования запасов продуктивной влаги в почвенных микрокомбинациях и влияние на урожай бобовых трав. Задачи: 1) изучить состав почвенных микрокомбинаций; 2) провести мониторинг запасов продуктивной влаги в пахотном слое (0 – 20 см) и метровой толще (0 – 100 см) в микрокомбинациях дерново-подзолистых глееватых почв междуречного пространства и дерновых оглеенных почв пологого приречного склона; 3) выявить закономерности динамики влагозапасов во влажный год внутри почвенных микрокомбинаций и оценить влияние гидрологического фактора на урожай бобовых трав; 4) дать сравнительную характеристику почв в зависимости от ландшафтного положения.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2016 г. на двух ключевых участках, представляющих собой пахотные поля опытных посевов Калининградского НИИ сельского хозяйства (Полесский р-н). В физико-географическом аспекте изученная территория располагается в пределах Полесской низменной моренной равнины с отметками абсолютных высот 15 – 20 м над уровнем моря. Все почвы осушаются закрытым дренажем со сбросом вод в открытые каналы, которыми являются спрямленные русла рек и ручьев.

Для раскрытия состава микрокомбинаций элементарных почвенных структур (ЭПС) проведена детальная почвенная съемка. Степень оглеения диагностирована по системе Ф. Р. Зайдельмана [6, с. 52]. Режим влажности почв изучался по методике, рекомендованной А. А. Роде [8]. Плотность сложения пахотных горизонтов устанавливалась опытным путем в апреле, июне, августе, ноябре. В исследовании определяли следующие показатели: гранулометрический состав по Качинскому; плотность твердой фазы пикнометрически; плотность сложения методом режущих колец (цилиндров) объемом 100 см³; общую пористость расчетным способом; максимальную гигроскопическую влажность (МГ) и наименьшую влагоемкость (НВ) – по Николаеву; влажность завядания (ВЗ) расчетным методом с использованием коэффициента Н. А. Качинского (1,5); полевую влажность – термостатно-весовым методом с последующим пересчетом на объемную влажность [6; 9]. Для оценки запасов продуктивной влаги (ЗПВ) использовалась рекомендованная в отечественном почвоведении шкала [9, с. 151]. Все анализы выполнены в 4-кратной повторности. Статистическая обработка данных проведена в Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климат Калининградской области гумидный, переходный от морского к континентальному. По уточненным данным Г. М. Бариновой, среднемноголетнее количество осадков для г. Калининграда составляет около 780 мм. С конца XX в. и по настоящее время отмечается усиление контрастности климатических характеристик, наметился тренд к увеличению увлажненности, существенно повысились среднегодовые температуры воздуха [10].

По наблюдениям на метеостанции г. Калининграда за 2016 г. выпало около 920 мм осадков, что характеризует год как влажный (рис. 1). Сырыми были февраль, август, ноябрь. Засушливые декады наблюдались в мае, июне, почти весь сентябрь. За основной вегетационный период с апреля по октябрь выпало 538 мм

осадков, что в достаточной мере обеспечивает сельскохозяйственные растения влагой. Однако над ключевым участком (38 км от г. Калининграда на северо-северо-восток) осадков выпало меньше, чем в Калининграде, примерно на 10 %. Наблюдался перенос дождевых облаков в сторону Калининграда и Гвардейска северо-западными и северо-восточными ветрами. Особенно засушливым отрезком была вторая половина мая – первая половина июня, когда сумма осадков составила около 9 мм за 25 дней.

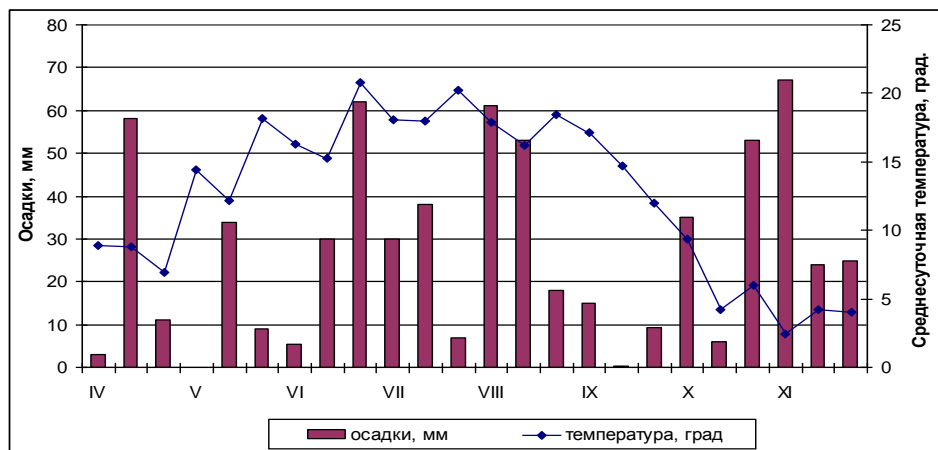


Рис. 1. Погодные условия с апреля по ноябрь 2016 г. (по данным метеостанции г. Калининграда)

Fig. 1. Weather conditions from April to November 2016 (according to the weather station in Kaliningrad)

Первый ключевой участок расположен на водоразделе р. Овражки и кан. Мордовка. Почвенный покров состоит из комбинации дерново-подзолистых глееватых почв с различной глубиной залегания подстилающей породы. Кроющим наносом является легкий валунный суглинок, плавно (и прерывисто в пространстве) переходящий в средний суглинок. Содержание физической глины варьирует от 21 до 33 %. В пределах этих слоев располагаются пахотный горизонт мощностью 20 – 25 см (по всей площади микрокомбинации легкосуглинистый) и остаточные элювиальные оподзоленные горизонты (A₂, A₂B). Подстилающая порода является красно-коричневой карбонатной мало валунной глиной и тяжелым суглинком. Мощность подстилающей породы неоднородна в пространстве от 30 см до 1 м, местами она прерывается линзами валунной супеси. Ниже залегают оглеенные валунные легкие и средние суглинки. Пространственное залегание пласта подстилающей породы не совпадает с дневной поверхностью. Формирование литологической неоднородности связано с перемыыванием верхней толщи ледниковых отложений.

Мониторинговые площадки бурения располагались на различных компонентах ЭПС по трансекте длиной 250 м:

- ТБ1 – дерново-подзолистая глееватая почва на участке с глубоким залеганием (90 – 100 см) подстилающей породы и наличием супесчаных прослоек; плоский участок; оглеение средней степени с 33 см, со 103 см тяжелосуглинистый сильноглееватый горизонт с линзами среднего суглинка;

- ТБ2 – дерново-подзолистая глееватая почва на участке с близким залеганием к поверхности подстилающей породы (в среднем с глубины 40 см); плоский слабо повышенный участок; оглеение средней степени с 28 см, подстилающая порода оглеена от слабой до средней степени в зависимости от примеси песчаных частиц;

- ТБ3 – дерново-подзолистая глееватая почва на участке верхней части ложбины стока с локальными прослоями глины и тяжелого суглинка в профиле; склон 2 - 3⁰; оглеение слабое в слое 28 – 40 см, глубже – средней степени.

Динамика запасов продуктивной влаги (ЗПВ) в дерново-подзолистых почвах представлена в табл. 1.

Таблица 1. Запасы продуктивной влаги в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с разной глубиной залегания подстилающей породы
Table 1. Productive moisture reserves in sod-podzolic light loamy soils with different bedding depths of the underlying rock

Месяцы*		Запасы продуктивной влаги (мм) на площадках бурения		
		ТБ1 дерново-подзолистая среднеглееватая; подстилающая порода на 90 – 100 см	ТБ2 дерново- подзолистая слабоглееватая; подстилающая порода на 40 см	ТБ3 дерново-подзолистая среднеглееватая; подстилающая порода прослоями
1		2	3	4
IV	1	<u>30,4</u> 180,3	<u>36,4</u> 159,7	<u>36,1</u> 166,2
	2	<u>34,8</u> 176,3	<u>31,7</u> 137,4	<u>35,5</u> 166,0
V	1	<u>34,8</u> 180,1	<u>32,6</u> 130,2	<u>29,8</u> 147,8
	2	<u>15,3</u> 133,3	<u>7,6</u> 116,7	<u>20,5</u> 137,8
VI	1	<u>8,1</u> 134,7	<u>5,6</u> 106,5	<u>10,7</u> 90,9
	2	<u>20,0</u> 153,7	<u>17,9</u> 91,4	<u>14,9</u> 88,6
VII	1	<u>39,1</u> 165,7	<u>34,6</u> 123,8	<u>36,1</u> 137,8
	2	<u>38,3</u> 178,8	<u>35,7</u> 130,5	<u>16,9</u> 131,0
VIII	1	<u>36,3</u> 190,9	<u>38,2</u> 140,6	<u>35,8</u> 125,8
	2	<u>38,0</u> 221,5	<u>35,4</u> 156,7	<u>39,3</u> 157,2
IX	1	<u>30,5</u> 146,3	<u>29,4</u> 150,9	<u>24,9</u> 133,2
	2	<u>29,0</u> 153,8	<u>27,8</u> 126,5	<u>22,8</u> 93,5

* - приведены данные на первую и вторую половину каждого месяца; над чертой – ЗПВ в слое 0 – 20 см, под чертой – в слое 0 – 100 см.

Окончание табл. 1

1		2	3	4
X	1	<u>24,8</u> 143,1	<u>19,4</u> 105,2	<u>22,5</u> 101,3
	2	<u>37,9</u> 199,8	<u>36,7</u> 139,3	<u>33,6</u> 128,6
XI	1	<u>50,8</u> 236,5	<u>46,9</u> 160,9	<u>39,7</u> 143,4
	2	<u>51,4</u> 252,4	<u>46,3</u> 199,0	<u>40,5</u> 168,1

В пахотном горизонте почв ЗПВ между компонентами микрокомбинации различались несущественно (чаще всего в пределах 5 мм). В апреле и первой половине мая влагозапасы были удовлетворительными. Это обеспечило дружное прорастание семян люпина узколистного (*Lupinus angustifolius L.*). Во второй половине мая произошло быстрое иссушение слоя 0 – 20 см, что повлекло снижение ЗПВ ниже критических (20 мм). Посевы люпина должны были использовать влагу подпахотных слоев. Период с критическими ЗПВ для пахотного горизонта составил для почв на ТБ1 и ТБ3 около 25 – 30, а для почвы на ТБ2 40 – 45 дней. Следовательно, дерново-подзолистая почва с близким подстилением тяжелой породой отличалась более быстрым и продолжительным иссушением.

Осадки с конца июня по август пополнили ЗПВ в пахотном горизонте до уровня удовлетворительных. Несмотря на сухие декады сентября и октября ЗПВ не опускались ниже 20 мм за исключением отдельного периода в первой половине октября на площадке ТБ2.

Осадки ноября имеют большое значение для накопления влагозапасов в почвах региона. Поэтому этот месяц был включен в период исследований. В 2016 г. за ноябрь выпало 115 мм осадков, что привело к переувлажнению многих почв. ЗПВ в слое 0 – 20 см изученных почв увеличились, и проявилось влияние геоморфологических условий. Насыщение пахотного слоя выражено в почвах ТБ1 - ТБ2 и в меньшей степени в ТБ3. На склоне ложбины происходил интенсивный поверхностный сток. Этой потерей влаги объясняется значительная разница в ЗПВ между плоскими участками и склоновой позицией.

Положение подстиляющей породы оказывает прямое влияние на распределение влаги в почвенной толще дерново-подзолистых почв. Тяжелосуглинисто-глинистый пласт залегает выпукло, близко подходит к поверхности на площадке ТБ2, а затем опускается до 90 – 100 см, образуя «карман», куда стекает внутрипочвенная влага (ТБ1). Наличие хорошо водопроницаемых супесчаных прослоек способствует накоплению и миграции влаги в ТБ1.

Рассмотрим динамику ЗПВ в метровой толще почв ключевого участка. Уже в начале апреля были заметны различия между компонентами микрокомбинации по влагозапасам: почва с близким подстилением тяжелой породой имела более низкие ЗПВ (табл. 1). Различия между запасами продуктивной влаги в почвах ТБ1 и ТБ2 достигли 50 мм в первой половине апреля. В засушливый период мая – июня ЗПВ в почве с глубоким залеганием

подстилающей породы не выходили из категории «хорошие» (130 – 160 мм), в то время как в условиях более близкого залегания глинистого пласта иссушение происходило быстрее, и ЗПВ снизились до удовлетворительных, а в почве ТБ3 – до плохих (ниже 90 мм). В июле и августе различия между влагозапасами в метровой толще почв сохранялись. В начале сентября картина выровнялась. Но во второй половине сентября – октябре засушливые условия вновь привели к повторению летней ситуации. В ноябре запасы продуктивной влаги в слое 0 – 100 см достигли максимальных различий между компонентами ЭПС. Наиболее сильному промачиванию подвергалась почва с глубоким залеганием подстилающей породы, куда происходило стекание влаги по наклонной поверхности глинистого пласта. В результате ее избытка сформировалась верховодка в слое 70 – 80 см. Почвы с близким расположением подстилающей породы к поверхности промачивались медленнее по причине низких коэффициентов фильтрации глин и тяжелых суглинков. Накопление влаги происходило в основном в кроющем наносе легко- и среднесуглинистого состава. Усиленный поверхностный сток на склоне площадки ТБ3 приводил к дополнительной потере влаги и развитию плоскостной эрозии. Поэтому в этой почве к концу ноября ЗПВ оказались минимальными, а разница с почвой ТБ1 достигла 84,3 мм.

Гидрологические условия оказали существенное влияние на урожайность люпина узколистного (рис. 2). Установлено, что лучшей продуктивностью отличается дерново-подзолистая почва с залеганием подстилающей породы с 90 – 100 см (ТБ1) по причине лучшей влагообеспеченности.

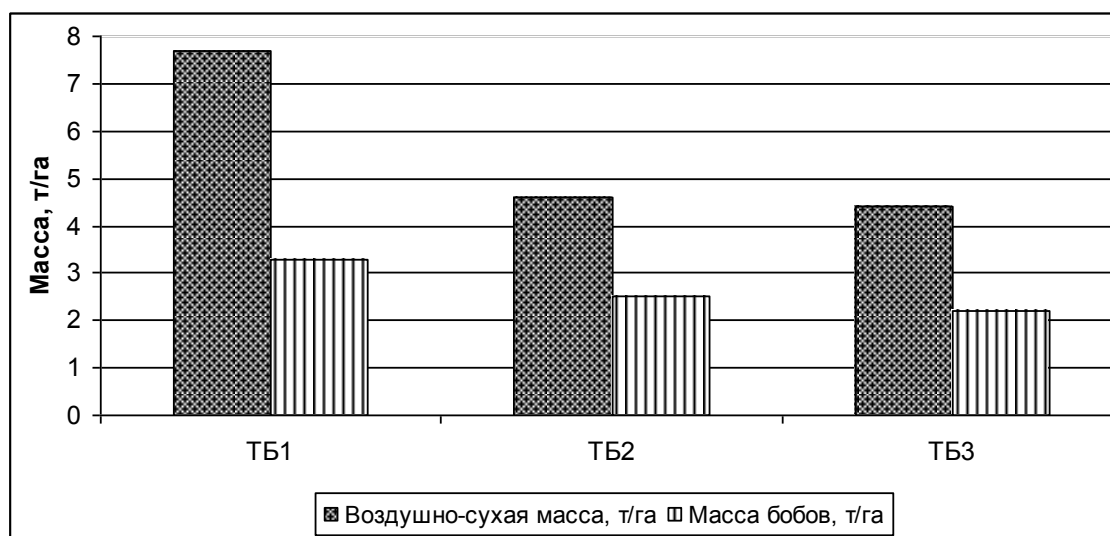


Рис. 2. Урожайность люпина сорта Витязь на дерново-подзолистых глееватых почвах с разной глубиной залегания подстилающей породы
 Fig. 2. Yield of lupine of the Vityaz breed on sod-podzolic gleyed soils with different depths of bedding of the underlying rock

Второй ключевой участок располагается на пологом приречном склоне в 200 м от р. Овражки. Почвообразующими породами являются оглеенные в разной

степени карбонатные валунные суглинки с локальными прослойками тяжелых суглинков и супесей. Почвенный покров представлен микрокомбинацией дерновых оглеенных почв, современный облик которых сформировался под влиянием осушительной мелиорации [11].

На ключевом участке бурение для мониторинга влажности проводилось на следующих компонентах ЭПС в пределах трансекты длиной 150 м:

- ТБ4 - дерново-среднеглееватая среднесуглинистая почва; слабонаклонный участок до 1,5⁰. В горизонте В_{1г} оглеение слабое; с 60 см и глубже средняя степень оглеения; грунтовые воды глубже 2 м. Локальная тяжелосуглинистая прослойка на 40 (30) - 50 см;

- ТБ5 – дерново-сильноглееватая почва; склон 2 – 3⁰. Горизонт В_{1г} сильно глееватый сегрегированный; с 53 см - сильноокисленный глей. Редуцированный глей вскрывается со 120 см, грунтовые воды в летний период на глубине 150 – 170 см;

- ТБ6 – дерново-глееватая почва; замкнутая микрозападина. Горизонт В_{1г} среднеглееватый, с 45 см – окисленный глей, а с 60 – 70 см – редуцированный глей, грунтовые воды в летний период на глубине около 120 см.

На ключевом участке выращивается кормовая травосмесь: козлятник восточный (*Galega orientalis Lam.*) в смеси со злаками. Динамика продуктивной влаги в компонентах ЭПС представлена в табл. 2.

Таблица 2. Запасы продуктивной влаги в ареалах дерновых оглеенных среднесуглинистых почв

Table 2. Productive moisture reserves in the areas of soddy gleyed medium loamy soils

Месяцы		Запасы продуктивной влаги (мм) на площадках бурения		
		ТБ4 дерново- среднеглееватая	ТБ5 дерново- сильноглееватая	ТБ6 дерново-глееватая
1		2	3	4
IV	1	<u>39,1</u> 136,4	<u>44,0</u> 217,6	<u>53,3</u> 237,7
	2	<u>37,9</u> 145,9	<u>37,6</u> 192,5	<u>48,1</u> 219,6
V	1	<u>37,6</u> 148,1	<u>35,9</u> 202,7	<u>45,8</u> 198,2
	2	<u>38,6</u> 145,0	<u>31,6</u> 195,0	<u>41,2</u> 175,2
VI	1	<u>14,6</u> 86,5	<u>17,9</u> 161,5	<u>20,9</u> 153,3
	2	<u>16,5</u> 81,7	<u>22,2</u> 140,2	<u>27,6</u> 171,7
VII	1	<u>20,4</u> 82,1	<u>39,2</u> 196,8	<u>36,6</u> 184,8
	2	<u>29,1</u> 73,8	<u>44,6</u> 195,7	<u>39,8</u> 175,5

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
VIII	1	<u>47,4</u> 137,1	<u>45,8</u> 201,0	<u>47,1</u> 199,2
	2	<u>44,3</u> 142,8	<u>56,2</u> 273,3	<u>63,4</u> 264,3
IX	1	<u>22,0</u> 115,7	<u>45,9</u> 171,6	<u>38,8</u> 185,8
	2	<u>24,4</u> 78,1	<u>24,5</u> 125,8	<u>34,6</u> 162,5
X	1	<u>27,2</u> 91,5	<u>18,4</u> 139,4	<u>40,6</u> 199,2
	2	<u>48,6</u> 134,3	<u>32,4</u> 170,5	<u>41,4</u> 217,8
XI	1	<u>54,9</u> 157,4	<u>51,8</u> 239,8	<u>57,1</u> 252,1
	2	<u>65,0</u> 182,2	<u>52,7</u> 248,0	<u>66,4</u> 285,5

В слое 0 – 20 см ЗПВ в начале апреля закономерно убывают от дерново-глеевой почвы к дерново-среднеглеевой. В июне произошло резкое иссушение пахотного слоя. Продолжительность периода с ЗПВ ниже 20 мм составило около 30 дней в среднеглеевой почве и 15 дней в сильноглеевой. В дерново-глеевой почве ЗПВ не опускались ниже критических. В сырой период августа (130 мм осадков) наибольшему переувлажнению подвергся пахотный слой почвы в микрозападине. В ноябре гумусовый горизонт всех почв был насыщен влагой до состояния, близкого к полной влагоемкости.

В метровой толще почв различия между компонентами ЭПС выражены более контрастно уже с начала апреля. Аккумуляция влаги в микродепрессии привела к формированию верховодки на глубине 80 – 90 см. В июне наблюдалось биологическое иссушение метровой толщи почв в связи с активным ростом бобово-злаковой травосмеси. В дерново-среднеглеевой почве влагозапасы опустились ниже 90 см и характеризовались как плохие вплоть до конца июля, в то время как в сильноглеевой и дерново-глеевой почве они были хорошими и очень хорошими. Сильные различия между компонентами ЭПС по ЗПВ в метровой толще сохранились до конца исследований. В сырые периоды августа и ноября в почвах на площадках ТБ5 и ТБ6 формировались горизонты верховодок на глубинах от 40 до 70 см, что указывает на избыточное увлажнение.

Анализ продуктивности надземной фитомассы бобово-злаковой травосмеси третьего года пользования показал значительное преимущество дерново-среднеглеевой почвы над другими компонентами микрокомбинации (рис. 3). Мощная корневая система козлятника сильно иссушает почву (ТБ4). Однако эта культура реагирует снижением урожайности на временное грунтовое переувлажнение (ТБ5) и полным выпадом на постоянное в сочетании с периодическим поверхностным, что характерно для дерново-глеевой почвы ТБ6. Злаковый компонент (*Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Arrhenatherum elatius*) более устойчив к повышенному гидроморфизму почв, но и

его продуктивность снижается от дерново-среднеглеевой почвы к дерново-глеевой.

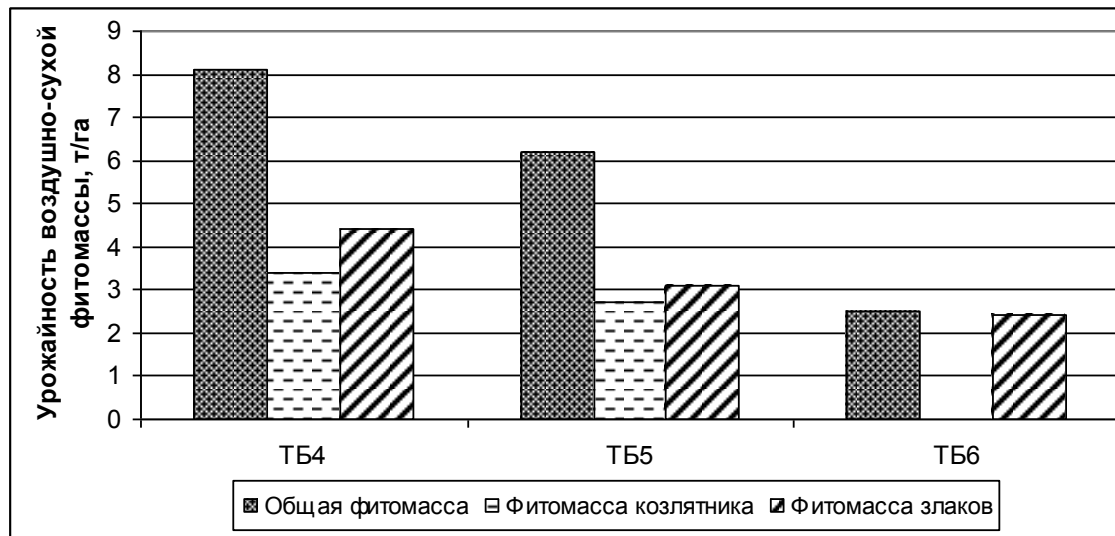


Рис. 3. Урожайность бобово-злаковой травосмеси на дерновых оглеенных почвах
 Fig. 3. Yield of legume grass mixture on soddy gleyed soils

Почвенные комбинации дерновых оглеенных почв имеют повышенные запасы продуктивной влаги за счет притока намывных склоновых вод с автономных и транзитных участков ландшафта. В сырые периоды эти почвы подвержены переувлажнению, а осенние ЗПВ в сильноглееватых и глеевых почвах избыточные. Весенне-летнее иссушение характерно для дерново-подзолистых почв, причем более длительный период дефицита влаги наблюдается в почвах с близким залеганием к поверхности тяжелой подстилающей породы. Если дополнительная аккумуляция грунтовой влаги (при условии хорошего ее стока) может оказывать положительное влияние на урожай бобовых трав на дерново-подзолистых почвах с глубоким залеганием подстилающей породы, то в замкнутых микрозападинах на дерново-глеевых почвах переувлажнение ведет к гибели сельскохозяйственных культур.

ВЫВОДЫ

1. Почвенный покров низменной моренной равнины на междуречных автономных позициях рельефа представлен микрокомбинациями дерново-подзолистых глееватых почв. Факторами дифференциации почвенных компонентов в комбинации являются литологические условия и рельеф.

2. Выявлено неравномерное пространственное положение пласта тяжелых суглинков и глин в пределах почвенного профиля. Это является причиной различий режима влажности почвенных компонентов в комбинации. Запасы продуктивной влаги больше в почвах с глубоким залеганием подстилающей породы (90 – 100 см). Близкое расположение к поверхности тяжелой породы (с 40 см) приводит к быстрой потере продуктивной влаги в засушливые периоды. Недостаток влаги снижает урожайность кормового люпина.

3. В нижних частях пологих приречных склонов сформировались микрокомбинации дерновых оглеенных почв при близком залегании грунтовых вод в сочетании с увлажнением намывными склоновыми водами.

4. Различия между компонентами почвенных комбинаций ярко выражены. Гидрологические условия в осушенных дерновых глееватых почвах благоприятны для многолетних бобово-злаковых трав во влажный год. Для дерново-сильноглееватых и глеевых почв характерны избыточные запасы продуктивной влаги и почвенные верховодки. Это отрицательно сказывается на урожайности бобовых трав.

5. Различия в запасах влаги между компонентами почвенных микрокомбинаций в метровой толще дерново-подзолистых почв варьировали в границах 20 – 60 мм, увеличиваясь в сырые периоды до 65 – 84 мм и более. Более выражена пространственная пестрота в комбинации дерновых оглеенных почв, где различия между компонентами составляли 50 – 100 мм.

6. Во влажный год дерново-подзолистые глееватые и дерново-глееватые почвы функционировали в режиме влажности периодического капиллярного увлажнения с варьированием до максимального капиллярного увлажнения в сырые периоды (ТБ1). К типу обводнения (постоянное присутствие капиллярной каймы в профиле) близок режим влажности дерново-сильноглееватой и дерново-глеевой почв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вериго, С. А. Почвенная влага (применительно к запросам сельского хозяйства) / С. А. Вериго, Л. А. Разумова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. – 328 с.
2. Twerdoff, D. A. Soil water regimes of rotationally grazed perennial and annual forages. / D. A. Twerdoff, D. S. Chanasyk, M. A. Naeth, V.S. Baron // Can. J. Soil Sci. 79. – 1999. P. 627–637.
3. Da Silva, A. P. Characterization of the least limiting water range of soils / A. P. Da Silva, B.D. Kay, E. Perfect // Soil Sci. Soc. Am. J. 1994. № 58. P. 1775 – 1781.
4. Лебедева, В. М. Основы сельскохозяйственной метеорологии: в 3 т. / В. М. Лебедева, А. И. Страшная; под общ. ред. А. Д. Клещенко, И. Г. Грингофа. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – Т. II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии: в 2 кн. Кн. 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. – 216 с.
5. Апарин, Б. Ф. Географические основы рационального использования почв (на двучленных породах) / Б. Ф. Апарин. – Санкт-Петербург, 1992. - 190 с.
6. Зайдельман, Ф. Р. Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв / Ф. Р. Зайдельман. – Москва: КолосС, 2008. – 486 с.
7. Агроклиматический справочник по Калининградской области. – Ленинград: Гидрометеорологическое изд-во, 1961. – 130 с.
8. Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге: в 2 т. / А. А. Роде. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. – Т. 2. Методы изучения водного режима почв. – 287 с.

9. Вадюнина, А. Ф. Методы исследований физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
10. Барина, Г. Н. Калининградская область. Климат / Г. Н. Барина. – Калининград, 2002. – 196 с.
11. Анциферова, О. А. Агроэкологическая оценка дерновых оглеенных осушенных почв низменной равнины / О. А. Анциферова, А. А. Басаргина // Известия КГТУ. – 2017. – № 45. – С.197-210.

REFERENCES

1. Verigo S. A., Razumova L. A. *Pochvennaya vlaga (primenitelno k zaprosam selskogo khozyaystva)* [Soil moisture (in relation to the request of agriculture)]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1973, 328 p.
2. Twerdoff D. A., Chanasyk D. S., Naeth M. A., Baron V. S. Soil water regimes of rotationally grazed perennial and annual forages. *Can. J. Soil Sci.* 79, 1999, pp. 627–637.
3. Da Silva A. P., Kay B. D., Perfect E. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1994, no. 58, pp. 1775–1781.
4. Lebedeva V. M., Strashnaya A. I. *Osnovy selskokhozyaystvennoy meteorologii. T. II. Metody raschetov i prognozov v agrometeorologii. Kn. 2. Operativnoe agrometeorologicheskoe prognozirovanie* [Basics of agricultural meteorology. V.II. Methods of calculation and forecasts in agricultural meteorology. Book 2. Operational meteorological forecasting]. Obninsk, FGBU «VNIIGMI-MTsD», 2012, 216 p.
5. Aparin B. F. *Geograficheskie osnovy ratsionalnogo ispolzovaniya pochv (na dvuchlennykh porodakh)* [Geographical basics of the rational use of soils]. Saint-Petersburg, 1992, 190 p.
6. Zaydelman F. R. *Metody ekologo-meliorativnykh izyskaniy i issledovaniy pochv* [Methods of ecological and meliorative research and studies of soils]. Moscow, KolosS, 2008, 486 p.
7. *Agroklimaticheskii spravochnik po Kaliningradskoy oblasti* [Agroclimatic reference book of the Kaliningrad region]. Leningrad, Gidrometeorologicheskoe izd-vo, 1961, 130 p.
8. Rode A. A. *Osnovy ucheniya o pochvennoy vlage. T. 2. Metody izucheniya vodnogo rezhima pochv* [Basic study on soil moisture. V.2. Methods of study of soil water regime]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1969, 287 p.
9. Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. *Metody issledovaniy fizicheskikh svoystv pochv* [Methods for study of physical properties of soils]. Moscow, Agropromizdat, 1986, 416 p.
10. Barinova G. N. *Kaliningradskaya oblast. Klimat* [The Kaliningrad region. Climate]. Kaliningrad, 2002, 196 p.
11. Antsiferova O. A., Basargina A. A. Агроэкологическая оценка дерновых оглеенных осушенных почв низменной равнины [Agroecological assessment of soddy gleyed drained soils of lowland plains]. *Izvestiya KGTU*, 2017, no. 45, pp. 197–210.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Анциферова Ольга Алексеевна – Калининградский государственный технический университет; доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агропочвоведения и агроэкологии;
E-mail: anciferova@inbox. ru

Antsiferova Olga Alekseevna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor; Assistant Professor
of agropochvovedeniya and Agroecology; E-mail: anciferova@inbox. ru

УДК 581.074:631.879

ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЛАУКОНИТОВЫХ ПЕСКОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ
КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. Панасин, Е. С. Роньжина, Т. А. Шогенов, Д. А. Рымаренко

ECOLOGICAL AND AGROCHEMICAL ASPECTS OF USING GLAUCONITIC
SANDS IN AGRICULTURE OF THE KALININGRAD REGION

V. I. Panasin, E. S. Ronzhina, T. A. Shogenov, D. A. Rymarenko

Анализ результатов исследований ряда отечественных и зарубежных ученых показывает, что глауконитсодержащие породы во многих регионах Земного шара различаются по генезису, литологическому и кристаллохимическому составу. Показано, что указанные породы во многом различаются по количественным параметрам концентрации макро- и микроэлементов. На основании этого многие авторы отводят им роль донатора физиологически важных для растений химических элементов. В ряде работ отмечается, что эффективность практического применения глауконитсодержащих пород в земледелии во многом определяется особенностями природно-климатических условий, кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств почв. Экспериментальными данными установлено, что эти породы положительно влияют на величину и качество урожая. Так, в овощах оптимизируется витаминно-минеральный комплекс, у озимых культур увеличивается устойчивость к неблагоприятным погодным условиям, в плодовых – увеличивается сахар, а в кормовых улучшается белково-углеводное соотношение. Учитывая особенность почвенного покрова Калининградской области, широкое распространение кислых малогумусных, бедных многими микроэлементами почв, представляется, что проведение научно-исследовательских работ по возможности применения глауконитсодержащих пород в земледелии региона является весьма актуальным.

глауконит, глауконитовый песок, минеральное удобрение

The analysis of the research results of a number of domestic and foreign scientists shows that glauconitic rocks in many regions of the world vary in genesis, lithological and crystallochemical composition. It is shown that these rocks differ largely in quantitative parameters of macro - and microelements concentration. On this basis, many authors assign the role of the donor of physiologically important chemical elements to glauconitic rocks. In several papers it is noted that the effectiveness of the practical application of glauconitic rocks in agriculture is largely determined by the peculiarities of natural-climatic conditions, acid-base and redox properties of soils. Experimental data on the use of glauconitic rocks for different crops shows that these rocks have a positive effect on the amount and quality of crops. Thus, vegetables become optimized in vitamin-mineral complex, winter crops become more resistant to adverse weather conditions, fruit become more sugary and forage crops improve in the protein-

carbohydrate balance. Given the peculiarity of the soil cover of the Kaliningrad region, the wide spread of sour oligohumous, poor in many micronutrients soils, it appears that carrying out of research on the possibility of applying glauconitic rocks in agriculture of the region is very important.

glauconite, glauconitic sand, mineral fertilizer

Возделывание культур по современным высокоинтенсивным технологиям предъявляет повышенные требования к агрофизическим свойствам почв, их водно-воздушному режиму, способности обеспечить растения элементами минерального питания. Значительное сокращение применения органических удобрений на фоне возрастающих цен на минеральные туки делает особенно актуальным использование местных ресурсов и агроруд. Одним из перспективных направлений является, на наш взгляд, изучение возможности применения отходов янтародобывающей промышленности – глауконитового песка.

Глауконит – широко распространенный в природе минерал группы гидрослюдов подкласса слоистых силикатов. Как правило, приурочен к осадочным породам, хотя встречается среди продуктов низкотемпературного изменения магматических пород [1-3]. Представляет собой гидратированный алюмосиликат калия, магния и железа. Химический состав глауконита достаточно вариабелен [2-5]. Условно химическая формула минерала может быть записана как $K_2O \cdot MgO \cdot 4R_2O_3 \cdot 10SiO_2 \cdot nH_2O$ [6] или $(K, H_2O)(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_2[Si_3AlO_{10}] \cdot nH_2O$. Глаукониты могут содержать примеси фосфора [3, 9, 14], серы и ряда микроэлементов – меди, цинка, кобальта [7-9]. В каждом месторождении наблюдается свой состав глауконита, даже в пределах одного месторождения он варьируется [5].

Глауконит обладает слоистым строением. Как и в других слоистых силикатах, кремнекислородные тетраэдры образуют бесконечные слои $Si_4O_{10}^{4-}$, сочетающиеся с бесконечными октаэдрическими слоями, в центре которых находятся алюминий, магний или железо, а в вершинах – гидроксильные группы [3, 10]. Кислородные слои каждой структурной единицы находятся рядом с кислородными атомами соседних структурных единиц, вследствие этого связь между смежными структурными единицами достаточно слаба. Глауконит является трехслойным алюмосиликатом со структурой 2:1, в которой слои разделяются неодинаковыми прослойками. В составе одних, как и в слюдах, преобладает катион калия, для других характерны молекулы воды и обменные катионы, как в монтмориллонитах [3, 10, 11]. Толщина водных слоев зависит от природы обменных катионов и парциального давления паров воды.

Важной особенностью кристаллической решетки глауконита является гетеровалентный изоморфизм, т. е. замещение части ионов кремния в тетраэдрических слоях на ионы алюминия. Вследствие этого часть внутримолекулярных сил не уравновешена взаимодействием с расположенными в данном слое ионами. Кристаллическая решетка глауконита, определяющая его способность к катионному обмену, при контакте с водой способствует ее умягчению и очистке [4]. По данным казахстанских исследователей, одна тонна глауконита умягчает 810 м^3 воды на один градус [5]. Установлена высокая эффективность минерала при очистке воды от солей тяжелых металлов, некоторых органических соединений и радионуклидов [3]. Общая сорбционная способность глауконита может до-

стигать 3,47 ммоль/г, активность обменных катионов зависит от месторождения и текстуры мелиоранта, варьирует от 15 до 70 мг-экв/100 г [2, 6, 12].

Высокие сорбционные и катионообменные свойства глауконита дают возможность использовать этот минерал в качестве сорбента катионов тяжелых металлов и некоторых органических поллютантов, находящихся в воде и почве, для реабилитации имеющих высокую техногенную нагрузку территорий [1, 10]. Стойкая зеленая окраска используется как естественный пигмент в живописи и для производства красок в промышленных целях [3].

Изучение глауконита из Бондарского месторождения Тамбовской области показало, что исследованный минерал обладает высокой адсорбционной способностью к катионам меди и свинца, при этом коэффициент извлечения катионов тяжелых металлов из воды зависит от величины рН. С ростом рН от 6,5 до 10 коэффициент извлечения катионов тяжелых металлов возрастает на 7-10 %. Наибольшее влияние рН отмечается при сорбции катионов свинца, что, по мнению авторов, связано с увеличением концентрации гидроксокатионов как продуктов частичного гидролиза двухзарядных ионов тяжелых металлов. На наш взгляд, возможна преимущественная сорбция анионных форм тяжелых металлов, концентрация которых в силу амфотерности гидроксида свинца и в меньшей мере гидроксида меди существенно возрастает при смещении величины рН в указанном диапазоне. Авторы отмечают снижение жесткости воды до 40 % [3]. Установлена высокая активность глауконита при очистке воды от примесей фенолов. В процессе однократной сорбции фенола при нейтральной реакции поглощение фенола минералом составляло 65-68 %. Повышение величины рН до 10 позволяет достичь практически полного извлечения загрязнителя, так как фенолят-ионы сорбируются более интенсивно, чем недиссоциированная молекулярная форма [3].

Достаточно широка возможная сфера применения глауконита и в сельскохозяйственном производстве. В животноводстве и птицеводстве он может быть использован в качестве добавки, так как оптимизирует обменные процессы, повышает перевариваемость и усвояемость, снижает концентрацию поступающих с кормом радионуклидов, микотоксинов и тяжелых металлов. При внесении в подстилку животным глауконита улучшаются гигиенические условия – снижается концентрация аммиака и других вредных газов, уменьшается неприятный запах в животноводческих помещениях [5].

Внесение глауконита в водоемы оказывает стимулирующее действие на развитие фитопланктона, ускоряет темпы роста и привес рыбной молоди [3, 5].

Благодаря достаточно высокому содержанию обменного калия глауконит может использоваться для получения бесхлорных калийных удобрений или как естественное комплексное удобрение без переработки. На возможность применения глауконитов в качестве калийного удобрения еще в середине девятнадцатого века указывал А. Н. Энгельгардт. Положительное действие минерала на урожайность сельскохозяйственных культур отмечено в работах Д. Н. Прянишникова [2, 5, 9].

Нередко в глауконитах в значительных количествах присутствуют столь важные для растений элементы минерального питания, как марганец, медь, кобальт, цинк, бор. Многие залежи глауконитовых пород содержат значительную примесь фосфора и даже включают горизонты фосфоритов. Это позволяет рассматривать минерал как перспективное комплексное многофакторное удобрение, позволяющее не только обогащать почву калием, фосфором и микроэлементами,

но и улучшать ее структуру, сохранять влагу, стимулировать рост и снижать заболеваемость растений [2, 7-9, 12, 13, 15].

Положительное действие глауконита на урожайность проявляется в различных направлениях. Он улучшает структуру почвы, увеличивает ее влаго- и воздухопроницаемость, что особенно важно на почвах тяжелого гранулометрического состава [5]. Глауконит накапливает обменные катионы аммония и калия, а затем медленно отдает их во время роста растений, выполняя роль пролонгатора. Подвижные формы химических элементов, адсорбированные глауконитом из удобрений, сохраняются от вымывания, что особенно важно в условиях характерного для Калининградской области избыточного увлажнения.

В ГНУ ЮУНИИПОК Россельхозакадемии проведены исследования по изучению возможности использования глауконитовых песков Каринского месторождения для повышения урожайности и качества клубней картофеля [7, 8]. Было изучено пять доз глауконита (от 2 до 40 т/га) на четырех уровнях минерального питания. Доказано положительное влияние повышенных (20 и 40 т/га) доз глауконитового песка на некоторые агрофизические и агрохимические свойства выщелоченного чернозема. В частности, отмечено достоверное снижение объемной массы почвы в пахотном горизонте, увеличение содержания подвижных фосфатов и обменного калия.

Отмечено снижение содержания тяжелых металлов в клубнях картофеля: железа – в 4 раза, меди – в 1,8, кадмия – в 1,5, хрома и никеля – в 1,3 раза. Кроме того, применение глауконита достоверно снижало содержание нитратов в клубнях на фоне внесения азотных удобрений [7].

Применение глауконитовых песков на фоне естественного плодородия увеличило урожай клубней на 2,1-6,3 т/га. Эффективность применения заметно увеличивалась на фоне добавления азотных и азотно-фосфорных удобрений, при этом небольшие дозы - 2-5 т/га обеспечивали наибольший эффект на фоне N₆₀, были получены прибавки урожая 15,2-25 %. Высокие дозы (10-40 т/га) проявляли максимальную эффективность на фоне азотно-фосфорного удобрения, обеспечивая при этом прибавки урожая на уровне 28,6-40,4 %. На фоне полного минерального удобрения эффект от глауконита снижался, по-видимому, вследствие несбалансированности корневого питания [7, 8].

Применение глауконитового песка увеличило товарность картофеля и способствовало повышению содержания сухого вещества и крахмала в клубнях. Наибольшее положительное действие отмечалось на фоне азотно-фосфорных удобрений [7].

В Казахстане в полевых опытах установлено положительное влияние глауконита на урожай культур, предъявляющих повышенные требования к структурному сложению корнеобитаемых почвенных горизонтов и плохо произрастающих на переуплотненных, заплывающих и коркообразующих почвах. На глинистой почве с преобладанием пылеватой и иловатой фракций внесение глауконита повысило урожай зеленой массы кукурузы на 46,5 %, при этом сбор сухого вещества увеличился на 73-75 %, питательная ценность килограмма зеленой массы возросла на 20 % [5].

При рекультивации нарушенных земель в Подмосковье была предложена и практически осуществлена попытка вместо почвенного слоя покрыть рекультивируемые участки глауконитовым песком мощностью 0,5 м. Урожай многих куль-

тур на таких землях при внесении азотных удобрений оказался выше, чем на участках с ненарушенным плодородным слоем [2].

В Воронежском государственном аграрном университете была проведена серия опытов по исследованию влияния глауконита на урожайность сахарной свеклы и сахаристость корнеплодов. Опыты проводились на обыкновенных и типичных черноземах. Действие глауконита изучалось на фоне низких ($N_{20}P_{20}K_{20}$) и оптимальных ($N_{90}P_{90}K_{90}$) доз минеральных удобрений [13, 14].

Внесение глауконита в дозах 1; 2,5; 5 и 10 т/га весной перед посевом на фоне низкого уровня минерального питания ($N_{20}P_{20}K_{20}$) обусловило статистически достоверную прибавку урожая корнеплодов, при этом наибольший эффект был получен от дозы 10 т/га. Невысокие дозы не оказали существенного влияния на содержание сахара в корнеплодах. Максимальный сбор сахара с одного гектара был отмечен при внесении 10 т/га. Прибавка в 20 % и выше по сбору сахара наблюдалась от дозы глауконита 2,5 т/га и выше [14].

В другой серии опытов было изучено действие глауконита на урожайность и качество сахарной свеклы при внесении мелиоранта осенью под зяблевую вспашку. Изучались дозы от 0,5 до 15 т/га. В качестве вариантов сравнения были выбраны контроль без удобрений, полное минеральное удобрение в дозе 2/3 от рекомендованной ($N_{90}P_{90}K_{90}$), а также полная доза минерального удобрения ($N_{140}P_{140}K_{140}$). Без минерального удобрения зависимость урожайности свеклы от дозы глауконита была практически линейной – коэффициент линейной корреляции составил +0,98. Однако без применения минеральных удобрений только максимальная доза глауконита (15 т/га) позволила достичь полученного на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ урожая корнеплодов. Расчет экономической эффективности исследуемых систем удобрения показал, что вариант $N_{90}P_{90}K_{90}$ более рентабелен по сравнению с вариантом дозы глауконита 15 т/га [14].

Отмечалось достоверное повышение содержания сахара в корнеплодах свеклы в вариантах с применением глауконита в дозах от 5 т/га без минеральных удобрений. Установлена линейная связь между дозой глауконита и сахаристостью корнеплодов ($r = +0,99$). Зависимость сбора сахара с гектара от дозы мелиоранта приближалась к параболической [13].

На фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ также установлена близкая к линейной зависимость урожайности сахарной свеклы от дозы глауконита ($r = +0,97$). Наиболее эффективным был вариант с внесением максимальной дозы глауконита – 15 т/га [14].

Проведенные в Украине исследования также доказали высокую эффективность глауконитовых удобрений. При внесении глауконита в дозе, эквивалентной 60 кг K_2O на гектар, прибавка урожая гречихи составила 3 ц/га, картофеля – 18 и томатов – 100 ц/га по сравнению с удобренными в эквивалентной дозе по действующему веществу калийной солью участками. Урожай вико-овсяной смеси увеличился на 43,3 % по сравнению с контролем и на 16,9 % по сравнению с эквивалентным по K_2O количеством калийной соли [2, 9].

Исследования действия кварцево-глауконитового песка, проведенные ВНИПТИХИМ, показали, что внесение кварцево-глауконитового песка в серую лесную почву в дозе 2-4 т/га повышает урожайность сельскохозяйственных культур. В год внесения статистически достоверная прибавка была зафиксирована от дозы 4 т/га, на второй год обе дозы дали достоверную прибавку. При этом максимальная эффективность кварцево-глауконитового песка отмечалась на фоне азотного и полного минерального удобрения.

Совместное действие кварцево-глауконитового песка проявлялось лишь на третий год после внесения мелиорантов. При этом эффект усиливался при увеличении дозы фосфоритной муки.

Расчет доли глауконитового песка в формировании урожая показал, что последняя составляет в зависимости от агрофона и дозы от 22 до 51%. Максимальная доля отмечалась на фоне N₉₀.

Химический анализ растений не выявил существенных изменений в накоплении основных элементов минерального питания (NPK) ни в зерне, ни в соломе по всем вариантам опыта. На всех вариантах, где применялся глауконитовый песок, отмечалось достоверное увеличение массы 1000 зерен и повышение содержания сырого протеина в зерне [2].

Применение глауконитового песка в дозах 2 и 4 т/га на серых лесных почвах оказало незначительное действие на основные агрохимические показатели.

Даже столь краткий обзор говорит о том, что в условиях Калининградской области глауконитсодержащие породы представляют значительный интерес, и есть необходимость проведения комплексных широкомасштабных исследований на наиболее распространенных в регионе дерново-подзолистых, дерновых и бурых лесных супесчаных, легкосуглинистых и среднесуглинистых почвах. Важно изучить влияние глауконитовых песков на физические свойства почв, поведение элементов питания и энергию перехода химических элементов в системе почва-растение. Также важна в исследованиях потенциальная роль породы как донатора ряда физиологически важных для растений микроэлементов и влияние ее на величину и качество урожая культур, важных для области, таких как озимая пшеница, озимый и яровой рапс, яровая пшеница и ячмень, кукуруза, бобовые и кормовые культуры. К этой работе, на наш взгляд, целесообразно подключить научно-исследовательские и высшие учебные заведения биологического и аграрного профиля с участием крупных производителей растениеводческой продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арбузова, С. К. Улучшение нарушенных земель с помощью глауконитовых песков / С. К. Арбузова, С. В. Карлович, С. В. Тюлина // Почвоведение. – 1981. – № 3. – С. 103-108.
2. Кривопуст, Я. Л. Агрохимическая оценка глауконитовых песков / Я. Л. Кривопуст, Э. С. Чумаченко // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – № 8. – С. 21 – 25.
3. Цыганкова, Л. Е. Глауконит Бондарского месторождения Тамбовской области – перспективный полифункциональный сорбент / Л. Е. Цыганкова, А. С. Протасов, В. И. Видгорович // Вестник ТГУ. – Т. 17, вып.2. – 2012. – С. 735-740.
4. Дриц, В. А. Проблемы определения реальной структуры глауконитов и родственных тонкодисперсных силикатов / В. А. Дриц. – Москва: Химия, 1993. – 200 с.
5. Курбаниязов, С. К. Широкие спектры применения глауконитов и их роль в современном обществе / С. К. Курбаниязов, Н. А. Абдимуталип // Исследования в области естественных наук. – 2012. – № 5 [Электронный ресурс]. – URL: <http://science.snauka.ru/2012/05/359> (дата обращения: 26.01.2017).

6. Пындак, В. И. Решение проблем отходов и плодородия деградированных земель (на примере Нижнего Поволжья) / В. И. Пындак, А. Е. Новиков, Ю. А. Степкина // Научное обозрение. – 2013. – № 4. – С. 85-89.
7. Васильев, А. А. Глауконит – эффективное природное минеральное удобрение картофеля / А. А. Васильев // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 6 (60). – С. 35 – 37.
8. Васильев, А. А. Влияние глауконитовых песков на минеральное питание картофеля / А. А. Васильев // Пути повышения продуктивности пашни, энергоресурсосбережения и производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции: Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию ТатНИИСХ и 1000-летию Казани: материалы. – Казань: Фолиантъ, 2005. – С. 357-362.
9. Уточкин, В. Г. Основные аспекты и методологические особенности агрохимической оценки сырьевых источников питательных веществ / В. Г. Уточкин, И. Н. Чумаченко, Б. А. Сушеница // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – № 6. – С. 3-9.
10. Левченко, М. Л. Особенности глауконита Бондарского месторождения Тамбовской области / М. Л. Левченко // Вестник ВГУ. Серия: Геология. – 2008. – № 1. – С. 65-69.
11. Николаева, И. В. Минералы группы глауконита в осадочных формациях / И. В. Николаева. – Новосибирск: Наука, 1977. – 322 с.
12. Пындак, В. И. Нетрадиционные удобрения и короткоротационные севообороты при возделывании картофеля и сои / В. И. Пындак // Аграрная наука. – 2013. – № 12. – С. 18-19.
13. Цыкалов, А. Н. Бентониты и глаукониты в свекловодстве ЦЧР / А. Н. Цыкалов, Е. Ю. Бобрешов // Вестник Воронежского ГАУ. – 2013. – № 3. – С. 41-44.
14. Цыкалов, А. Н. Применение бентонита и глауконита в свекловодстве / А. Н. Цыкалов, Е. Ю. Бобрешов // Земледелие. – 2013. – № 6. – С. 21-23.
15. Яковлева, Е. А. Глауконит как потенциальное местное удобрение на Кубани / Е. А. Яковлева, А. Н. Бокалов // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 82 (08). – С. 622-631.

REFERENCES

1. Arbuzova S. K., Karlovich S. V., Tyulina S. V. Uluchshenie narushennykh zemel' s pomoshch'yu glaukonitovykh peskov [Reclamation of the disturbed lands with the help of glauconitic sands]. *Pochvovedenie*, 1981, no. 3, pp. 103 – 108.
2. Krivopust Y. L., Chumachenko E. S., Vatin G. S., Chumachenko I. N., Panasin V. I. Agrokhimicheskaya otsenka glaukonitovykh peskov [Agrochemical evaluation of glauconitic sands]. *Khimizatsiya sel'skogo khozyaystva*, 1991, no. 8, pp. 21 – 25.
3. Tsygankova L. E., Protasov A. S., Vidgorovich V. I., Akulov A. I. Glaukonit Bondarskogo mestorozhdeniya Tambovskoy oblasti – perspektivnyy polifunktsional'nyy sorbent [Glauconite of Bondarsky Deposit of the Tambov region – promising polyfunctional sorbent]. *Vestnik TGU*, 2012, t.17, vyp.2, pp. 735 – 740.
4. Drits V. A. *Problemy opredeleniya real'noy struktury glaukonitov i rodstvennykh tonkodispersnykh silikatov* [Problems of determining the real structure of glauconites and related finely dispersed silicates]. Moscow, Khimiya, 1993, 200 p.

5. Kurbaniyazov S. K., Abdimutalip N. A. Широкие спектры применения глауконитов и их роль в современном обществе [Wide ranges of application of glauconites and their role in the modern society]. *Issledovaniya v oblasti estestvennykh nauk*, 2012, no. 5, available at: <http://science.snauka.ru/2012/05/359> (Accessed: 26 Jan 2017).
6. Pyndak V. I., Novikov A. E., Stepkina Y. A. Reshenie problem otkhodov i plodorodiya degradirovannykh zemel' (na primere Nizhnego Povolzh'ya) [Solution to the problems of waste and degraded land fertility (on the example of the Lower Volga region)]. *Nauchnoe obozrenie*, 2013, no. 4. pp. 85 – 89.
7. Vasil'ev A. A. Глауконит – эффективное природное минеральное удобрение картофеля [Glauconite - an effective natural fertilizer for potato]. *Agrarnyy vestnik Urala*, 2009, no. 6 (60), pp. 35 – 37.
8. Vasil'ev A. A. Vliyanie glaukonitovykh peskov na mineral'noe pitanie kartofelya [Influence of glauconitic sands on the mineral nutrition of potato]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Puti povysheniya produktivnosti pashni, energoresursosberezheniya i proizvodstva konkurentosposobnoy sel'skokhozyaystvennoy produktsii", posvyashchenoy 85-letiyu TatNIISKh i 1000-letiyu Kazani* [Proceedings of All-Russian scientific and practical conference "Ways to increase efficiency of an arable land, energy saving and production of competitive agricultural products", dedicated to the 85th anniversary of TatNIISKh and the 1000th anniversary of Kazan]. Kazan', 2005, pp. 357 – 362.
9. Utochkin V. G., Chumachenko I. N., Sushenitsa B. A. Osnovnye aspekty i metodologicheskie osobennosti agrokhimicheskoy otsenki syr'evykh istochnikov pitatel'nykh veshchestv [Main aspects and methodological features of the agro-chemical assessment of raw material sources of nutrients]. *Khimiya v selskom khozyaystve*, 1995, no. 6, pp. 3 – 9.
10. Levchenko M. L. Osobennosti glaukonita Bondarskogo mestorozhdeniya Tambovskoy oblasti [Features of the glauconite of Bondarsky Deposit of the Tambov region]. *Vestnik VGU Seriya: Geologiya*, 2008, no. 1, pp. 65 – 69.
11. Nikolaeva I. V. *Mineraly gruppy glaukonita v osadochnykh formatsiyakh* [Minerals of the glauconitic group in sedimentary formations]. Novosibirsk, Nauka, 1977, 322 p.
12. Pyndak V. I. Netraditsionnye udobreniya i korotkorotatsionnye sevooboroty pri vozdeleyvanii kartofelya i soi [Non-traditional fertilizers and short-rotation crop successions in cultivation of potatoes and soybeans]. *Agrarnaya nauka*, 2013, no. 12, pp. 18 – 19.
13. Tsykalov A. N., Bobreshov E. Y. Bentonity i glaukonity v sveklovodstve TsChR [Bentonite and glauconites in beet growing in the Central Black Earth economic region]. *Vestnik Voronezhskogo GAU*, 2013, no. 3, pp. 41 – 44.
14. Tsykalov A. N., Bobreshov E. Y. Primenenie bentonita i glaukonita v sveklovodstve [The use of bentonite and glauconite in beet growing]. *Zemledelie*, 2013, no. 6, pp. 21 – 23.
15. Yakovleva E. A., Bokalov A. N. Глауконит как потенциальное местное удобрение на Кубани [Glauconite as a potential local fertilizer in the Kuban]. *Nauchnyy zhurnal Kub-GAU*, 2012, no. 82 (08), pp. 622 – 631.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Панасин Владимир Ильич – Калининградский государственный технический университет; доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
E-mail: agrohim_39@mail.ru

Panasin Vladimir Ilich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Agricultural Sciences, Professor; E-mail: agrohim_39@mail.ru

Роньжина Елена Степановна – Калининградский государственный технический университет; доктор биологических наук, профессор; зав. кафедрой агрономии;
E-mail: agronomia@mail.ru

Ronzhina Elena Stepanovna – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Biological Sciences, Professor; Head of the Department of Agronomy;
E-mail: agronomia@mail.ru

Шогенов Тимур Арсенович – ООО «Веедерн»; главный агроном;
E-mail: weedern2007@mail.ru

Shogenov Timur Arsenovich – ООО "Weedern"; chief agronomist;
E-mail: weedern2007@mail.ru

Рымаренко Дмитрий Андреевич – ФГБУ «ЦАС «Калининградский»;
кандидат биологических наук, главный агрохимик;
E-mail: agrohim_39@mail.ru

Rymarenko Dmitry Andreevich – FGBU «CAC “Kaliningrad”»; PhD in Biological Sciences; chief agricultural chemist; E-mail: agrohim_39@mail.ru;

СУДОСТРОЕНИЕ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.9.047/.048

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЩЕЛОЧНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

М. Б. Лещинский, Г. И. Лещинская, В. Р. Загацкий, Т. Р. Никулин

STUDY OF ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF ALKALINE ELECTROLYTE

M. B. Leschinsky, G. I. Leschinskaya, V. R. Zagatsky, T. R. Nikulin

В ходе проведения исследований по разработке мобильного электролизно-водного генератора (ЭВГ) была поставлена задача по выбору и оптимизации режимов его работы [1, 2]. Для достижения поставленной цели необходимо было изучить электрохимические свойства щелочного электролита, в связи с чем проанализированы используемые методики исследования аналогичных щелочных электролитов [3]. Важнейшим свойством, влияющим на характеристики процесса электролиза, служит проводимость рабочей среды, поэтому был выбран метод определения сопротивления (величины, обратной проводимости) электролита, находящегося между электродами. Измерялось падение напряжения на них при пропускании через ячейку стабильного по величине тока, рассчитывалась проводимость. При этом исследовались факторы, влияющие на проводимость: концентрация раствора щелочи, его температура [4]. В ходе первичных испытаний выявлен недостаток метода, а именно: сохранение заряда у измерительной ячейки, что вносило погрешность в результаты измерений. С целью устранения этой проблемы было принято использовать для питания ячейки импульсы тока переменной полярности, а также предложена конструкция термостата на основе элемента Пельтье для регулирования температуры электролита [5, 6]. В результате проведенных экспериментов проанализированы и получены данные по влиянию концентрации и температуры электролита на его проводимость, построены графики зависимости проводимости электролита от концентрации и температуры, выбраны оптимальные диапазон температур и концентрация щелочного электролита для использования в мобильном электролизно-водном генераторе.

электролизно-водный генератор, электролиз, электролит, проводимость электролита

In the course of researching a mobile water electrolytic generator (WEG), a task was set to select and optimize modes of operation of the WEG. To achieve this goal, it was necessary to research electrochemical properties of the alkaline electrolyte. The methods used to study similar alkaline electrolytes were analyzed. The most important property affecting the characteristics of the electrolysis process is conductivity of the working medium. Therefore, a method was chosen for determining the resistance (magnitude, back conductance) of the electrolyte located between the electrodes. The voltage drop across them was measured by passing a stable current through the cell, and the conductivity was calculated. At the same time, the factors influencing

the conductivity, namely the concentration of the alkali solution, and its temperature were studied. In the course of the initial tests, the drawbacks of the method were identified, namely the preservation of the charge in the measuring cell, which introduced an error in the measurement results. To solve this problem, a decision was taken to use current pulses of variable polarity to supply the cell. Also, a thermostat design based on the Peltier element was proposed to control the temperature of the electrolyte. As a result of the conducted experiments, the data on the influence of the concentration and temperature of the electrolyte on its conductivity were obtained and analyzed. Plots of the dependence of the electrolyte conductivity on the concentration and temperature are constructed. The optimal range of temperatures and concentrations of alkaline electrolyte to be used in the mobile electrolysis and water generator were chosen.

water electrolytic generator, electrolysis, electrolyte, conductivity of electrolyte

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных компонентов эффективной работы электролизно-водного генератора являются электрохимические свойства электролита.

В зависимости от используемой плотности раствора щелочи изменяется производительность процесса электролиза. В соответствии с вышеизложенным необходимо измерить оптимальное процентное содержание щелочи в растворе электролита.

В процессе работы электролизно-водного генератора в широком диапазоне меняется температура электролита, поэтому необходимо также исследовать электрохимические свойства последнего при различных температурах для проведения оптимизации режимов работы, повышения эффективности ЭВГ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Первоначально планировалось определять сопротивление (величина, обратная проводимости) электролита, находящегося между электродами, по напряжению на них при пропускании через ячейку стабильного по величине тока. В таком случае напряжение прямо пропорционально сопротивлению. При этом ток должен быть достаточно мал, чтобы не допустить образования на электродах пузырьков газа, которые уменьшают площадь контакта между электродами и электролитом [3].

Однако первые же эксперименты показали, что такая измерительная ячейка обладает всеми свойствами конденсатора, т. е. она постепенно приобретает заряд, который, в свою очередь, ограничивает протекающий через неё ток.

Выход был найден в использовании для питания ячейки импульсов тока переменной полярности, причём между импульсами ячейка должна быть замкнута накоротко для снятия заряда, приобретённого ею от предыдущего импульса.

В таком случае измеряется комплексное сопротивление, имеющее активную и реактивную составляющие. В связи с этим встал вопрос об оптимальной частоте следования питающих импульсов. Эксперименты показали, что при частотах до 100 Гц сопротивление электролита в зависимости от концентрации щёлочи в растворе и его температуры меняется очень мало, затрудняя измерения и

снижая их точность. С другой стороны, при частотах от 800 Гц и выше существенно увеличивается реактивная составляющая комплексного сопротивления, что приводит к значительным искажениям результатов измерений. В результате по итогам предварительных экспериментов оптимальной оказалась частота следования импульсов 400 – 500 Гц [5].

Практическая реализация

Для решения задачи было разработано и изготовлено устройство, схема которого представлена на рис. 1.

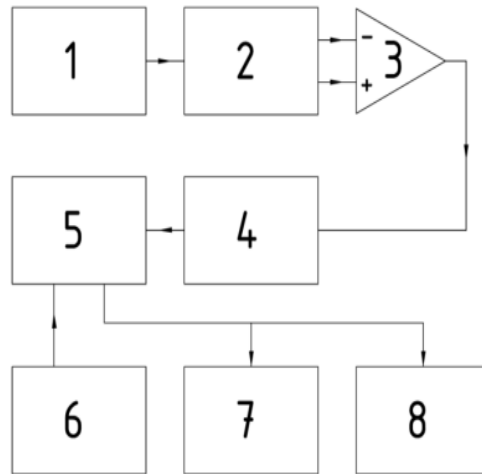


Рис. 1. Схема электрическая функциональная для измерения проводимости электролита: 1 - генератор импульсов; 2 - счетчик Джонсона; 3 - дифференциальный усилитель; 4 - бустер выходного тока; 5 - электролизер; 6 - термостат; 7 - милливольтметр; 8 - осциллограф

Fig. 1. Electrical functional diagram for measuring conductivity of electrolyte: 1 - pulse generator; 2 - Jones counter; 3 - differential amplifier; 4 - output current booster; 5 - electrolyser; 6 - thermostat; 7 - millivoltmeter; 8 - oscilloscope

Устройство состоит из задающего генератора (рис. 2), собранного на ИМС NE555, вырабатывающего короткие импульсы с частотой следования около 3 кГц, счетчика Джонсона – на ИМС K561ИЕ8, делящего частоту на шесть отрезков и формирующего на разных выходах одинаковые, но сдвинутые по фазе импульсы, и дифференциального усилителя на микросхеме K140УД17А. Усилитель с одного выхода счётчика Джонсона только увеличивает амплитуду импульсов, с другого – ещё и инвертирует их. В итоге мы получаем требуемую для исследования последовательность разнополярных импульсов. Поскольку выходное сопротивление дифференциального усилителя высоко, вследствие чего он не в состоянии обеспечить требующиеся величины токов, после него установлен транзисторный буферный каскад [6].

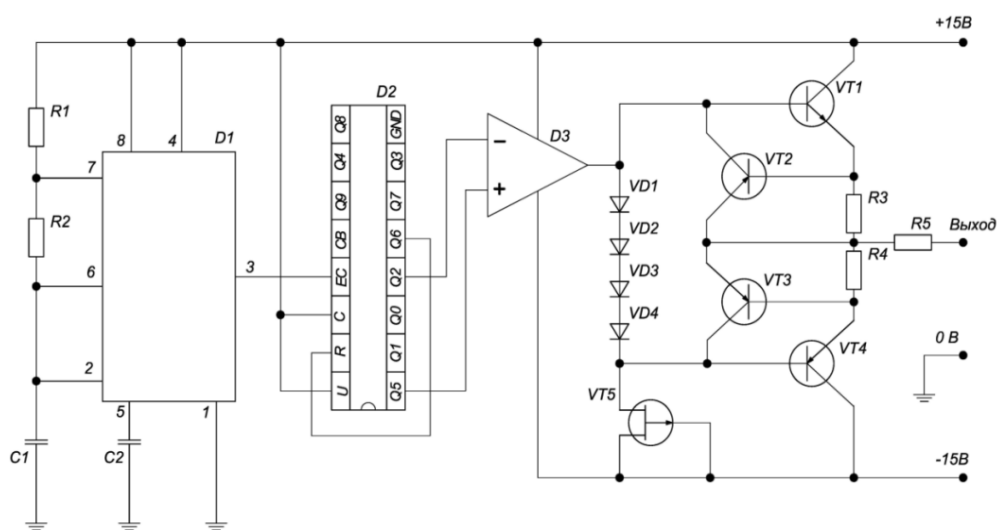


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная генератора испытательного сигнала
 Fig. 2. Schematic diagram of the electric generator of the test signal

Для исследования электрохимических свойств электролита при разных температурах был разработан и изготовлен специальный термостат (рис. 3).

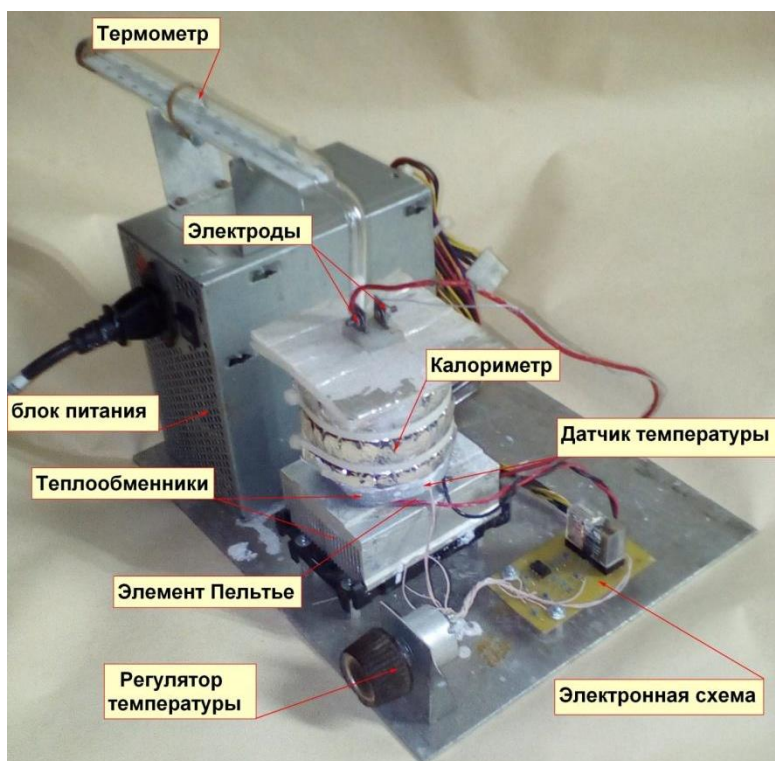


Рис. 3. Термостат
 Fig. 3. Thermostat

Его работа основана на использовании элемента Пельтье, позволяющего как подводить тепло к объекту, так и отводить его. Благодаря этому разработанный термостат позволяет простыми средствами достигать температур ниже температуры окружающей среды.

Основной узел термостата – два теплообменника (радиатора), между которыми элемент Пельтье и находится. При этом нижний теплообменник снабжён вентилятором для отвода лишнего тепла при охлаждении жидкости, находящейся в калориметре, и для забора тепла из окружающего воздуха при её нагреве. Верхний теплообменник перенаправляет тепло между элементом Пельтье и калориметром. Внутри этого теплообменника установлен датчик температуры.

Электронная схема отслеживает разницу между температурой верхнего теплообменника и температурой, заданной регулятором. Когда температура верхнего теплообменника ниже заданной, элемент Пельтье передаёт ему тепло от нижнего теплообменника, в противном случае – перенаправляет его в нижний теплообменник. При такой схеме заданная температура достигается быстрее и поддерживается стабильнее.

Калориметр представляет собой тонкостенную ёмкость (250 мл), изготовленную из нержавеющей стали и обернутую в два слоя алюминированной теплоизоляционной плёнки из вспененного полиэтилена. Сверху калориметр закрыт крышкой из того же материала, снизу между ним и верхним теплообменником находится тонкий слой теплопроводной пасты.

Внутри калориметра во время исследования наливается электролит заданной концентрации, в который помещаются измерительная ячейка и контрольный термометр.

Методика проведения исследований

Установка для проведения исследований собирается в соответствии с функциональной схемой, представленной на рис. 1.

В калориметр наливается электролит исследуемой концентрации, в который погружается измерительная ячейка, механически связанная с термометром так, чтобы его накопительная колба находилась на одном уровне с её электродами.

После включения термостата необходимо установить регулятором требуемую температуру и дождаться, когда показания термометра прекратят изменяться, что может потребовать времени (до нескольких минут в зависимости от разницы между реальной и заданной температурами).

После регистрации показаний (температуры и напряжения) устанавливается другая температура и процесс повторяется.

По окончании эксперимента с электролитом одной плотности его удаляют из калориметра. Сам калориметр и измерительную ячейку необходимо промыть дистиллированной водой во избежание изменения концентрации электролита, который будет исследоваться следующим.

На основе полученных данных были построены графики зависимостей проводимости электролита от его концентрации и температуры.

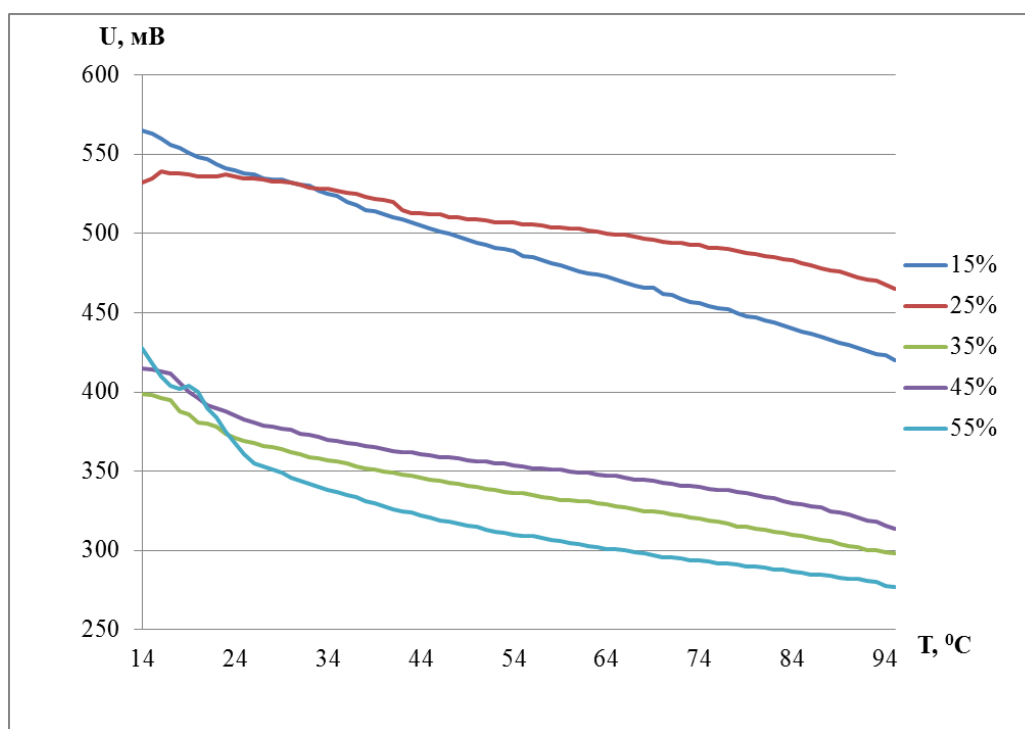


Рис. 4. Зависимость проводимости электролита от его температуры
 Fig. 4. Dependence of electrolytic conductance on its temperature

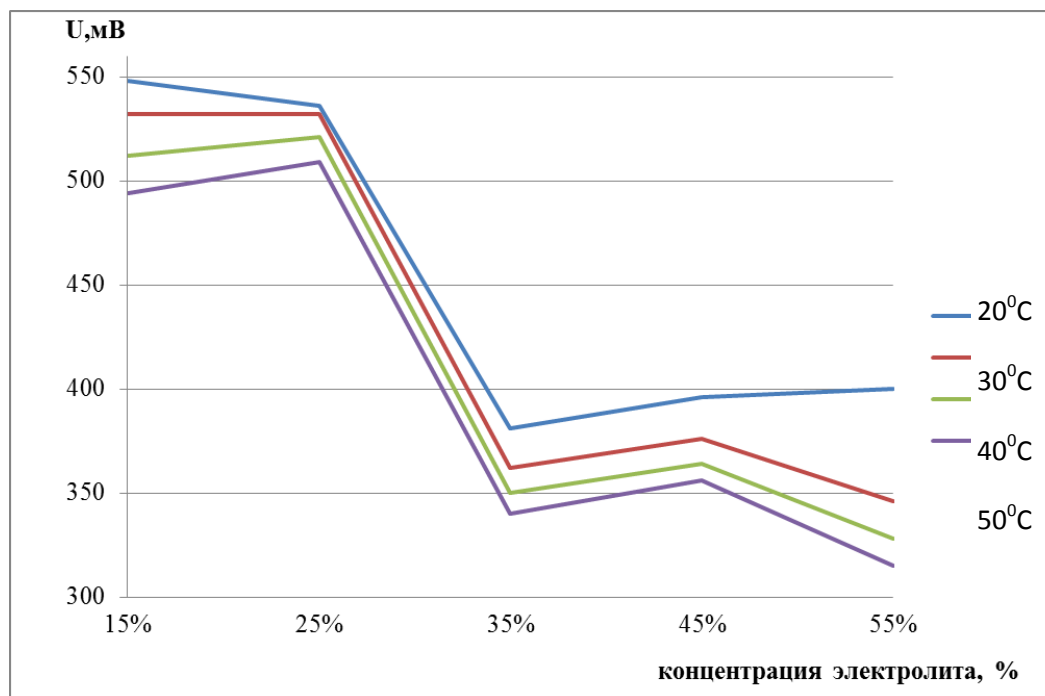


Рис. 5. Зависимость проводимости электролита от его концентрации
 Fig. 5. Dependence of electrolytic conductance on its concentration

На рис. 5 видно, что с увеличением температуры электролита уменьшается его проводимость. Поэтому для оптимальной работы ЭВГ рабочая температура регламентируется комплектованными электролизера в диапазоне 20-40⁰С.

Учитывая, что комплексное сопротивление электролита обратно пропорционально КПД проводимого электролиза, оптимальной плотностью раствора щелочи является 35 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработано устройство для исследования электрохимических свойств щелочного электролита.

2. После анализа полученных данных выбрана оптимальная концентрация раствора щелочи в электролите, равная 35%.

3. Оптимальным температурным режимом работы ЭВГ является диапазон 20-40⁰С.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корж, В. Н. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем / В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. – Киев: Екотехнология, 2010. – 194 с.

2. Патент на полезную модель РФ №152029, В23К5/22 В23К7/10 С25В 1/02. Устройство для газопламенных работ / М. Б. Лещинский, В. Р. Загацкий. – Опубликовано в бюл. «Патенты и полезные модели». – № 12, 2015.

3. Потапов, В. Н. Органическая химия: пособие для учителей / В. Н. Потапов. – Москва: Просвещение, 1976. – 367 с.

4. Якименко, Л. М. Электролиз воды / Л. М. Якименко, И. Д. Модылевская, З. А. Ткачек. – Москва: Химия, 1970. – 264 с.

5. Платэ, Н. А. Основы химии и технологии манометров: учеб. пособие / Н. А. Платэ, Е. В. Сливинский. – Москва: Наука: МАИК Наука / Интерпериодика, 2002. – 696 с.

6. Фолкенберри, Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС: пер. с англ. Л. М. Наймаркап, М. В. Гальперина / Л. Фолкенберри. – Москва: Мир, 1985.

REFERENCES

1. Korzh V. N. Popil' Ju. S. *Obrabotka metallov vodorodno-kislorodnym plamenem* [Metal treatment with hydrogen-oxygen flame]. Kiev, Ekotehnologija, 2010, 194 p.

2. Leshhinskij M. B., Zagackij V. R. Patent na poleznuju model' RF № 152029, В23К5/22 В23К7/10 С25В 1/02. Ustrojstvo dlja gazoplammennyh rabot. [Device for gas-flame works]. Opublikovano v bjul. «Patenty i poleznye modeli», no. 12, 2015.

3. Potapov V. N. *Organicheskaja himija* [Organic chemistry]. Moscow, Prosveshhenie, 1976, 367 p.

4. Jakimenko L. M., Tkachek Z. A. *Jelektroliz vody* [Water electrolysis]. Moscow, Himija, 1970, 264 p.

5. Platje N. A. Slivinskij E. V. *Osnovy himii i tehnologii manometrov* [Basics of chemistry and technology of manometers]. Moscow, Nauka, МАИК, Nauka Interperiodika, 2002, 696 p.

6. Folkenberri L. *Primenenija operacionnyh usilitelej i linejnyh IS* [Applications of operational amplifiers and linear ICs]. Moscow, Mir, 1985.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лещинский Марк Борисович – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент; зав. кафедрой «Автоматизированное машиностроение»; E-mail: mark.leschinsky@klgtu.ru

Leschinsky Mark Borisovich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Associate Professor; Head of the Department of Automated Machine Building; E-mail: mark.leschinsky@klgtu.ru

Лещинская Галина Иосифовна – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент кафедры «Высшая математика»

Leschinskaya Galina Iosifovna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Associate Professor at the Department of Higher Mathematics

Загацкий Владимир Рувимович – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент кафедры «Кораблестроение»; E-mail: zagazc@mail.ru

Zagatsky Vladimir Ruvimovich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Associate Professor at the Department of Shipbuilding; E-mail: zagazc@mail.ru

Никулин Тимофей Русланович – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры «Автоматизированное машиностроение»; E-mail: nikulintr@gmail.com

Nikulin Timofei Ruslanovich – Kaliningrad State Technical University; PhD student at the Department of Automated Machine Building; E-mail: nikulintr@gmail.com

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ АПК

УДК 630

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ УГРОЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ВОЗРАСТАНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Е. А. Колесниченко, В. В. Смагина, Я. Ю. Радюкова

METHODOLOGICAL TOOLS FOR ESTIMATION OF THREATS TO ECONOMIC SAFETY OF FOREST DEVELOPMENT IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGES AND INCREASING ANTHROPOGENIC LOAD

E. A. Kolesnichenko, V. V. Smagina, Ya. Yu. Radyukova

В статье авторами предложен инструментарий оценки и методика мониторинга угроз экономической безопасности лесоразведения. В качестве критериев оценки угроз климатических изменений и антропогенной нагрузки в лесном секторе экономики определены «обеспеченность экономики лесными ресурсами», которая предполагает экономический эффект от изменения пространственного распределения, продуктивности, породного состава лесов, и «результативность воздействия климатических и антропогенных факторов», которая характеризуется сравнительным ущербом от неблагоприятного воздействия вспышек вредителей, лесных пожаров. Предложена методика мониторинга угроз экономической безопасности в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки в лесном секторе экономики, включающая три этапа (1-й – оценка уровня обеспеченности экономики лесными ресурсами; 2-й – оценка результативности воздействия климатических и антропогенных факторов; 3-й – расчет комплексной оценки угроз экономической безопасности в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки) и базирующаяся на принципах информационной обеспеченности, простоты и воспроизводимости расчётов, гибкости, стоимостных оценок. Важным является тот факт, что оценка угроз экономической безопасности производится для каждого региона индивидуально. Даны инструкции по применению методики мониторинга угроз экономической безопасности в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки в лесном секторе экономики, в которых представлены: цель мониторинга; объекты и порядок его проведения; привлекаемые источники информации.

лесоразведение, экономическая безопасность лесоразведения, мониторинг угроз лесоразведению, критерии безопасности лесоразведения

The authors of the article propose the tools for assessment of threats to economic security of afforestation including criteria for evaluation of threats and a methodology for monitoring of threats by the proposed criteria. The following criteria for evaluation of threats of the climatic changes and anthropogenic loading in the forest-based sector of the economy are defined: "availability of forest resources to the economy" which is characterized by an economic effect of change of spatial distribution of forests; economic

effect of change of forests efficiency; economic effect of change of the species composition of forests, and "effectiveness of influence of climatic and anthropogenic factors" which is characterized by comparative damage from an adverse effect of pests attacks; comparative damage from an adverse effect of wildfires. The article proposes the methodology for monitoring of threats to economic security in conditions of climatic changes and increase of anthropogenic loading in the forest-based sector of the economy which includes: stage 1 – assessment of level of provision of the economy with forest resources; stage 2 – assessment of effectiveness of the influence of climatic and anthropogenic factors; stage 3 – calculation of complex assessment of threats to economic security in conditions of climatic changes and increase of anthropogenic load and based on the principles of information security; simplicity and reproducibility of calculations; flexibility; cost estimates. An important fact is that assessment of threats to economic safety is made for each region individually. The article presents the methodology manual for monitoring of threats to economic security in conditions of climatic changes and increasing anthropogenic load in the forest-based sector of the economy. The manual includes: monitoring purpose; attracted information sources; monitoring procedure; objects of monitoring; arrangements for monitoring.

forest development, economic security of forest development, monitoring of threats to forest development, criteria of forest development safety

ВВЕДЕНИЕ

Лесной сектор экономики характеризуется крайней степенью подверженности прямому воздействию климатических и антропогенных факторов и, кроме того, большого числа факторов, среди которых можно выделить экономические, социальные, политические, технологические. Анализ неклиматических факторов позволяет оценить источники возникновения рисков нестабильности указанного сектора экономики, способствовать укреплению потенциала для осуществления мер по смягчению и адаптации. Возмещение потерь от нарушений лесного законодательства составляет около одного процента от суммы причиненного ущерба [1]. До настоящего времени не удалось сформировать законодательную базу, определяющую государственную защиту и социальные гарантии должностных лиц, осуществляющих федеральный государственный лесной надзор (лесную охрану), их численность, достичь необходимого уровня взаимодействия между разными ведомствами и органами исполнительной власти в вопросах борьбы с незаконными лесозаготовками. Оптимальное управление лесным хозяйством должно обеспечить экономическую безопасность лесоразведения, создать внутренний запас прочности, так называемую способность противостоять возрастающим угрозам (климатическим и антропогенным), т. е. «предельную концентрацию» для комплексного использования и воспроизводства лесных ресурсов, сохранения окружающей среды и социальной составляющей лесного сектора экономики.

МЕТОДЫ

Философский уровень анализа основан на диалектическом подходе, позволяющем рассматривать угрозы экономической безопасности лесного сектора экономики как закономерный результат климатических изменений и возрастания ан-

тропогенной нагрузки. Общеметодологическую основу исследования составил системный подход, во-первых, к рассмотрению содержания угроз экономической безопасности лесного сектора экономики; во-вторых, к изучению возможности применения существующих методик и показателей оценки экономической безопасности; в-третьих, к разработке самостоятельных методик мониторинга угроз экономической безопасности в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки.

В исследовании использованы частные научные методы: структурного анализа при классификации причин возникновения угроз экономической безопасности в лесном секторе экономики; экспертных оценок при определении зависимости между пороговыми значениями; корреляционно-регрессионного анализа при учете влияния причин угроз экономической безопасности лесного сектора в системе мониторинга; статистического, в том числе индексного, анализа при оценке значимых причин возникновения угроз экономической безопасности в лесном секторе и их группировок.

Методически разработка инструментария оценки угроз экономической безопасности лесоразведения сводилась к:

- обоснованию критериев оценки угроз климатических изменений и антропогенной нагрузки в лесном секторе экономики, при этом авторы исходили из следующего определения: критерий – характеристика, признак, отражающий соответствие каким-либо предъявляемым требованиям. Для определения соответствия критерия установленным требованиям проведена разработка необходимых показателей и шкалы индикаторов для оценки;

- созданию методики оценки уровня экономической безопасности лесного сектора экономики. В качестве методических принципов проведения мониторинга угроз безопасности выделим наиболее важный – принцип стоимостных оценок. Поскольку речь идет об оценке угроз экономической безопасности, то конечные показатели, характеризующие критерии такой безопасности, должны иметь стоимостное выражение;

- расчету комплексной оценки угроз экономической безопасности лесоразведения в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки и проведению типологии территорий по уровню таких угроз. В своей методике мы приводим типологию состояний экономической безопасности территорий и выделяем пять их типов: территория, характеризующаяся как «слабая зона угрозы», «средняя зона угрозы», «сильная зона угрозы», «очень сильная зона угрозы», «катастрофическая зона угрозы».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обоснование критериев оценки угроз климатических изменений и антропогенной нагрузки в лесном секторе экономики.

Риски с определенной долей вероятности могут оказывать положительное, отрицательное влияние на экономическую безопасность или быть нейтральными.

Так как мы в своей работе исследуем причины возникновения угроз экономической безопасности в лесном секторе, то нам будет интересна только лишь зона критического и катастрофического рисков, так как она ведет непосредственно к возникновению угроз.

При разработке критериев оценки экономической безопасности следует учитывать два основных положения:

1. Критерии, а соответственно, и характеризующие их показатели и индикаторы должны иметь стоимостную оценку, поскольку речь идет именно об экономической составляющей.

2. Для ситуации воздействия климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки необходим собственный перечень критериев и показателей оценки экономической безопасности. Таким образом, критериями оценки угроз климатических изменений и антропогенной нагрузки в лесном секторе экономики будут выступать:

1. Обеспеченность экономики лесными ресурсами, которая характеризуется следующими показателями:

1.1. Экономический эффект от изменения пространственного распределения лесов. Применительно к решению задачи оценки угроз экономической безопасности следует отметить, что определяющее значение имеет не само распределение леса по территориям регионов, а экономический эффект, получаемый от наличия соответствующего объема лесных ресурсов. Так, Н. П. Анучиным [2] установлено, что в полных насаждениях I класса (с 50 лет), II класса (с 60 лет) и III класса бонитета (с 60 лет) площадь поверхности деревьев (для среднелесной зоны) является постоянной и составляет от 8 до 10 тыс. кв. м с 1 га. Расчеты показывают, что стоимость веществ, поглощаемых деревом среднего возраста, в год приблизительно будет более 3000 руб. Таким образом, при снижении лесистости возникает угроза экономической безопасности территории, а при повышении – отмечено наличие положительного эффекта.

Аналогичным образом можно определять экономический эффект от реализации рекреационных функций.

1.2. Экономический эффект от изменения продуктивности леса. При оценке угроз экономической безопасности следует говорить об изменении не просто распределения лесов, а их продуктивности, что даст больший экономический эффект. Следует отметить, что продуктивность лесов выражает объем лесных ресурсов (в куб. м.), «произведенных» за один год на площади в 1 га. Известно, что в среднем за год прирост леса в России составляет до 800 млн. куб. м [3]. Опираясь на прогнозы запаса древесины, можно выполнить прогнозные расчеты лесозаготовки.

1.3. Экономический эффект от изменения породного состава лесов. При оценке угроз экономической безопасности стоит учитывать не только общую продуктивность лесов, но и в большей части – их породный состав. Очевидно, что для различных пород характерны различные сроки и объемы увеличения продуктивности, а также цена за 1 куб. м древесины. К примеру, А. З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко, С. Нильссон и Ю. И. Булуй предложили модель динамики продуктивности лесов России [4]. Применительно к задаче оценки экономических угроз экономической безопасности при выявлении экономического эффекта от изменения породного состава леса, в отличие от такого эффекта от его продуктивности, следует учитывать только деловую древесину, поскольку цены на нее на порядок выше средней оценочной величины стоимости 1 куб. м / га леса. Цена 1 куб. м древесины различается не только по регионам, но и по сезонам, что необходимо иметь в виду при оценке экономического эффекта.

2. Результативность воздействия климатических и антропогенных факторов, которая характеризуется рядом показателей.

2.1. Сравнительный ущерб от неблагоприятного воздействия вспышек вредителей

В данном случае речь идет об оценке угроз экономической безопасности в результате возникновения таких вспышек. При этом необходимо учитывать следующие моменты:

- расходы на предотвращение вспышки (речь идет об обработке леса);
- экономические потери от вспышки насекомых;
- расходы на профилактику вспышек насекомых.

Прежде всего, расходы на ликвидацию вспышки энтомовредителей. Система данных расходов включает в себя затраты на:

- авиаборьбу биопрепаратами;
- наземные биологические меры борьбы;
- защиту лесов от вредных организмов химическим методом.

Большое значение при оценке уровня затрат имеет результативность борьбы, т.е. разница между реальными затратами на ликвидацию вредителей и нанесенным ущербом и суммой потенциально возможного ущерба при несвоевременной ликвидации вспышки. При расчетах экономических потерь от хвое- и листогрызущих насекомых наиболее целесообразным является, в том числе, и эколого-экономический критерий.

Поскольку оценке подвергаются все насаждения, включая молодняки, средневозрастные, приспевающие и спелые, а необходимыми потребительными свойствами обладает только древесина в спелом возрасте, то процедура оценки древостоя производится по эффекту, ожидаемому в спелом возрасте, дисконтированному к начальному моменту, т.е. на момент оценки.

2.2. Сравнительный ущерб от неблагоприятного воздействия пожаров

Ущерб от неблагоприятного воздействия лесных пожаров включает в себя две группы экономических эффектов [5]:

- затраты на тушение лесных пожаров;
- ущерб от лесных пожаров.

Что касается затрат на тушение пожаров, то их перечень и структура регламентируются указаниями по составу затрат, включаемых лесхозами, авиабазами и другими организациями федеральной службы лесного хозяйства России в расходы на тушение лесных пожаров.

В перечень работ по тушению лесных пожаров входят:

- разведка очагов пожаров (в том числе наземная и авиационная);
- организационно-технические мероприятия;
- организация радиосвязи на лесном пожаре;
- непосредственное тушение лесного пожара.

Разработка методики оценки уровня экономической безопасности лесного сектора экономики.

Ввиду отсутствия на сегодняшний день актуальных подходов к оценке уровня экономической безопасности отдельных сфер экономики регионов нами предлагается методика оценки уровня экономической безопасности лесного сектора, базирующаяся на характеристике представленных индикаторов [6].

Важным является тот факт, что оценка угроз экономической безопасности производится для каждого региона индивидуально!

Обратимся непосредственно к методике мониторинга угроз экономической безопасности:

1-й этап – оценка уровня обеспеченности экономики лесными ресурсами.

Такая оценка проводится по следующей формуле:

$$\text{УОЛР} = (\text{СЛР}_0 - \text{СЛР}_6) / \text{СЛР}_6 \cdot 100\%,$$

где УОЛР – уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами, %;
СЛР₆ – совокупная стоимость лесных ресурсов в базовом периоде, млрд. руб.;
СЛР₀ – совокупная стоимость лесных ресурсов в отчетном периоде, млрд. руб.

Соответственно:

если УОЛР > 10, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами высокий и следует говорить о безопасном состоянии лесного сектора;

если $0 \leq \text{УОЛР} < 10$, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами достаточный и следует говорить о стабильном состоянии лесного сектора;

если $-5 \leq \text{УОЛР} < 0$, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами недостаточный и следует говорить о наличии угроз экономической безопасности;

если $-10 \leq \text{УОЛР} < -5$, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами низкий и следует говорить о высоком уровне угроз экономической безопасности лесного сектора;

если УОЛР < -10, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами очень низкий и следует говорить о высоком уровне угроз экономической безопасности.

2-й этап – оценка результативности воздействия климатических и антропогенных факторов.

Такая оценка [7] осуществляется по следующей формуле:

$$\text{РВКА} = \sqrt{\left(\frac{\text{РВП}_6 - \text{РВП}_0}{\text{РВП}_6}\right) \cdot \left(\frac{\text{РВН}_6 - \text{РВН}_0}{\text{РВН}_6}\right)} \cdot 100\%,$$

где РВКА – результативность воздействия климатических и антропогенных факторов, %; РВП₆ – совокупный ущерб, нанесенный пожарами, в базовом периоде, млрд. руб.; РВП₀ – совокупный ущерб, нанесенный пожарами, в отчетном периоде, млрд. руб.; РВН₆ – совокупный ущерб, нанесенный вспышками насекомых, в базовом периоде, млрд. руб.; РВН₀ – совокупный ущерб, нанесенный вспышками насекомых, в отчетном периоде, млрд. руб.

Соответственно:

если РВКА > 20, то ущерб от воздействия антропогенных и климатических факторов незначительный и следует говорить о невысоких угрозах безопасности состояния лесного сектора;

если РВКА > 10, то ущерб от воздействия антропогенных и климатических факторов значительный и следует говорить о высоких угрозах безопасности состояния лесного сектора;

если $0 \leq \text{РВКА} < 10$, то результативность деятельности по профилактике и защите леса от негативного климатического и антропогенного воздействия низкая и речь идет о высоком уровне угроз экономической безопасности лесного хозяйства;

если $-5 \leq \text{УОЛР} < 0$, то результативность деятельности по профилактике и защите леса от негативного климатического и антропогенного воздействия очень

низкая и речь идет о критическом уровне угроз экономической безопасности лесного хозяйства.

3-й этап – расчет комплексной оценки угроз экономической безопасности в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки

Для проведения мониторинга угроз экономической безопасности используется следующая система критериев, индикаторов и показателей.

Уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами:

– *экономический эффект от изменения пространственного распределения лесов, млрд. руб., показатели для расчета:*

- площадь, покрытая лесами, га;
- средняя площадь поверхности деревьев, куб. м /га;
- средняя плотность деревьев, дер./га;
- скорость поглощения газообразных примесей, куб. м/ч;
- нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ, руб.;
- средняя стоимость поглощенных веществ деревом среднего возраста в год, руб.;
- экологически предельная рекреационная ценность преобладающих пород и типов лесов, руб./га;
- экологически предельный годовой экономический эффект от рекреационного лесопользования, руб./га;
- экологически предельно допустимая интенсивность рекреационного лесопользования, чел./га в год (сезон);
- цена свободного времени, руб./ч;
- ставка платы за 1 куб. м древесины на корню, руб.;
- запас насаждения куб. м;

- *таксационные показатели для определения экономического эффекта от изменения продуктивности лесов, млрд. руб.; породного состава лесов, млрд. руб.*

Результативность воздействия климатических и антропогенных факторов:

- *совокупный ущерб, нанесенный вспышками насекомых, млрд. руб.:*
- прямые затраты на борьбу, млрд. руб.;
- площадь, на которой предполагается усыхание леса, тыс. га;
- доля усохших деревьев, %;
- доля усыхания насаждения, %;
- возраст насаждения в момент вспышки массового размножения t ;
- запас древесины на 1 га в возрасте t ;
- степень повреждения ассимиляционного аппарата, %;
- плата за 1 куб. м древесины в возрасте t ;
- стоимость 1 куб. м древесины, руб.;
- дисконтированная стоимость насаждения в возрасте рубки, руб.;
- возраст рубки главного пользования t ;
- возраст рубки, лет;
- затраты на профилактику возникновения вспышек насекомых, млрд. руб.;
- *совокупный ущерб, нанесенный пожарами, млрд. руб.:*
- затраты на профилактику возникновения пожаров, млрд. руб.;

- прямые затраты на тушение пожара, млрд. руб.;
 - площадь, пройденная пожарами, тыс. га;
 - доля деревьев, поврежденных огнем, %;
 - доля площади повреждения огнем насаждения в общей лесной площади, %;
 - возраст насаждения в момент пожара t ;
- следующая группа индикаторов аналогична таковой в ситуации вспышки насекомых и может использоваться для оценки ущерба, нанесенного в результате этой вспышки:
- запас древесины на 1 га в возрасте t ;
 - плата за 1 куб. м древесины в возрасте t ;
 - стоимость 1 куб. м древесины, руб.;
 - дисконтированная стоимость насаждения в возрасте рубки, руб.;
 - возраст рубки главного пользования t ;
 - возраст рубки, лет.

Соответственно:

если $УОЛР > 10$, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами высокий и следует говорить о безопасном состоянии лесного сектора на данной территории. Территория классифицируется как «слабая зона угрозы»;

если $0 \leq УОЛР < 10$, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами достаточный и следует говорить о стабильном состоянии лесного сектора на данной территории. Территория классифицируется как «средняя зона угрозы»;

если $-5 \leq УОЛР < 0$, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами недостаточный и следует говорить о наличии угроз экономической безопасности на данной территории. Территория классифицируется как «сильная зона угрозы»;

если $-10 \leq УОЛР < -5$, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами низкий и следует говорить о высоком уровне угроз экономической безопасности лесного сектора на данной территории. Территория классифицируется как «очень сильная зона угрозы»;

если $УОЛР < -10$, то уровень обеспеченности экономики лесными ресурсами очень низкий и следует говорить о высоком уровне угроз экономической безопасности на данной территории. Территория классифицируется как «катастрофическая зона угрозы»;

если $РВКА > 20$, то ущерб от воздействия антропогенных и климатических факторов незначительный и следует говорить о невысоких угрозах безопасности состояния лесного сектора на данной территории. Территория классифицируется как «средняя зона угрозы»;

если $РВКА > 10$, то ущерб от воздействия антропогенных и климатических факторов значительный и следует говорить о высоких угрозах безопасности состояния лесного сектора на данной территории. Территория классифицируется как «сильная зона угрозы»;

если $0 \leq РВКА < 10$, то результативность деятельности по профилактике и защите леса от негативного климатического и антропогенного воздействия низкая, речь идет о высоком уровне угроз экономической безопасности лесного хозяйства на данной территории. Территория классифицируется как «очень сильная зона угрозы»;

если $-5 \leq \text{УОЛР} < 0$, результативность деятельности по профилактике и защите леса от негативного климатического и антропогенного воздействия очень низкая, речь идет о критическом уровне угроз экономической безопасности лесного хозяйства на данной территории. Территория классифицируется как «катастрофическая зона угрозы».

При формировании оценки угроз экономической безопасности территории присваивается характеристика с большей степенью угроз.

ВЫВОДЫ

Таким образом, развитие и дополнение подходов по рассмотрению проблем экономической безопасности в отдельных сферах сопряжены с решением задачи по конкретизации существующих классификаций причин угроз с учетом особенностей рассматриваемой сферы.

Представленные теоретические выводы автора, касающиеся разработки этапов мониторинга угроз экономической безопасности лесного сектора экономики, могут послужить теоретической базой для дальнейших исследований в сфере обеспечения и разработки механизма сбалансированного развития лесного хозяйства.

Полученные результаты можно использовать в дальнейшей научной работе по проблеме развития экономики отдельных сфер, в том числе обеспечения экономической безопасности лесного сектора экономики; а также при разработке политики обеспечения безопасного развития различных сфер экономики России, в частности лесного сектора экономики; предлагаемые индикаторы и методику оценки угроз экономической безопасности целесообразно учитывать при разработке инструментария обеспечения экономической безопасности лесного хозяйства.

Данное исследование позволило расширить границы и параметры для формирования методологического базиса научно обоснованной концепции обеспечения экономической безопасности в лесном секторе экономики в условиях усиления климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки и сформировать теоретико-методологическую платформу для последующей разработки инструментария обеспечения экономической безопасности экономических систем в условиях усиления климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки на основе комплексного анализа его уровня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комплексное превентивное управление в обеспечении сбалансированного развития экономических систем в условиях трансформации внешних детерминантов / С. С. Морковина [и др.] // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2016. – № 4. – С. 40 - 52.

2. Анучин, Н. П. Определение текущего прироста насаждений по боковой поверхности деревьев / Н. П. Анучин // Вопросы лесоведения и лесоводства. – 1960. – С. 346 - 351.

3. Мироненко, С. С. Ассортимент и лесоводственно-биологические особенности создания миниротационных плантаций тополя в Воронежской области: моногр. / С. С. Мироненко. – Воронеж: Изд-во ВГЛТУ, 1994. – 217 с.

4. Система моделей роста и динамики продуктивности лесов России / А. З. Швиденко [и др.] // Лесоустройство и таксация [Электронный ресурс]. URL: http://forest.akadem.ru/Articles/04/shvidenko_1.pdf (дата обращения: 11.07.2017)
5. Указания по составу затрат, включаемых лесхозами, авиабазами и другими организациями федеральной службы лесного хозяйства России в расходы на тушение лесных пожаров [Электронный ресурс]. URL: // <http://zakon.7law.info/base64/part9/d64ru9081.htm> (дата обращения 7.07.2017)
6. Критерии и методы мониторинга угроз экономической безопасности в секторах экономики в условиях трансформации внешних детерминантов / А. В. Константинов [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6. – № 4 (24). – С. 240 - 249.
7. Радюкова, Я. Ю. Методика оценки уровня экономической безопасности хозяйственной подсистемы в условиях усиления воздействия внешних детерминантов / Я. Ю. Радюкова, Е. А. Колесниченко // Регион: системы, экономика, управление. – 2016. – № 2. – С. 79 - 86.

REFERENCES

1. Morkovina S. S., Kolesnichenko E. A., Konstantinov A. V., Radjukova Ja. Ju. Kompleksnoe preventivnoe upravlenie v obespechenii sbalansirovannogo razvitiya jekonomicheskikh sistem v uslovijah transformacii vneshnih determinantov [Integrated preventive management in ensuring balanced development of economic systems in conditions of transformation of external determinants]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozjajstva*. 2016, no. 4, pp. 40-52.
2. Anuchin N. P. Opredelenie tekushhego prirosta nasazhdenij po bokovoj poverhnosti derev'ev [Definition of the current increment of plantings on a side surface of trees]. *Voprosy lesovedenija i lesovodstva*. 1960, pp. 346-351.
3. Mironenko S. S. *Assortiment i lesovodstvenno-biologicheskie osobennosti sozdaniya minirotacionnyh plantacij topolja v Voronezhskoj oblasti* [The range and silvicultural-biological features of creation of minirotational plantations of poplar in the Voronezh region]. Voronezh, VGLTU Publ., 1994, 217 p.
4. Shvidenko A. Z., Shhepashhenko D. G., Nil'sson S., Buluj Ju. I. Sistema modelej rosta i dinamiki produktivnosti lesov Rossii [System of growth models and efficiency dynamics of Russian forests]. *Lesoustrojstvo i taksacija*, available at: http://forest.akadem.ru/Articles/04/shvidenko_1.pdf (Accessed 11 July 2017).
5. *Ukazanija po sostavu zatrat, vkljuchaemyh leshozami, aviabazami i drugimi organizacijami federal'noj sluzhby lesnogo hozjajstva Rossii v rashody na tushenie lesnyh pozharov* [Guidelines on structure of the expenses included by forestries, air bases and other organizations of the Federal Forestry Service of Russia in expenses on suppression of wildfires]. Available at: <http://zakon.7law.info/base64/part9/d64ru9081.htm> (Accessed 7 July 2017).
6. Konstantinov A. V., Kolesnichenko E. A., Jakunina I. N, Motin I. D. Kriterii i metody monitoringa ugroz jekonomicheskoi bezopasnosti v sektorah jekonomiki v uslovijah transformacii vneshnih determinantov [Criteria and methods for monitoring of threats to economic security in economic sectors in conditions of transformation of external determinants]. *Lesotekhnicheskij zhurnal*. 2016, no. 4 (24), pp. 240-249.

7. Radjukova Ja. Ju., Kolesnichenko E. A. Metodika ocenki urovnja jekonomicheskoj bezopasnosti hozjajstvennoj podsistemy v uslovijah usilenija vozdeystvija vneshnih determinantov [Methodology for assessment of level of economic security of an economic subsystem in conditions of strengthening of external determinants influence]. *Region: sistemy, jekonomika, upravlenie*. 2016, vol. 6, no. 2, pp. 79-86.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колесниченко Елена Александровна – Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина; доктор экономических наук, профессор; зав. кафедрой кадрового управления; E-mail: ekolesnichenko@live.ru

Kolesnichenko Elena Aleksandrovna – Tambov State University named after G. R. Derzhavin; Doctor of Economic Sciences, Professor; Head of the Department "Personnel administration" of the Institute of Economics, Management and Service; E-mail: ekolesnichenko@live.ru

Смагина Валентина Викторовна – Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина; доктор экономических наук, профессор; проректор по социально-воспитательной работе и корпоративной политике; E-mail: dissovet@tsu.tmb.ru

Smagina Valentina Viktorovna – Tambov State University named after G. R. Derzhavin; Doctor of Economic Sciences, Professor; Vice-Rector for Social and Educational Work and Corporate Policy; E-mail: dissovet@tsu.tmb.ru

Радюкова Яна Юрьевна – Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина; кандидат экономических наук, доцент; зав. кафедрой финансов и банковского дела; E-mail: radyukova68@mail.ru

Radyukova Yana Yurievna – Tambov State University named after G. R. Derzhavin; PhD in Economic Sciences, Associate professor; Head of the Department "Finance and banking" of the Institute of Economics, Management and Service; E-mail: radyukova68@mail.ru

УДК 639.2.06:330.22(06)

ИНВЕСТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ В СОЗДАНИЕ РЕЗЕРВОВ
НАЛИВНОГО ФЛОТА

А. В. Корякина, В. А. Теплицкий

INVESTMENT OF RESOURCES IN THE CREATION OF TANKER FLEET
RESERVES

A. V. Koryakina, V. A. Teplitskiy

В период наибольшей напряженности промысла может возникнуть дефицит мощностей танкерного флота, в результате чего промысловые суда несут убытки вследствие простоев в ожидании бункеровки. Для сглаживания воздействия сезонности необходимо инвестировать средства в создание резерва наливного флота. Наличие такого резерва потребует затрат как на строительство танкерного флота, так и на его содержание, которые должны компенсироваться доходами от доставки дополнительного топлива на промысел и от уменьшения потерь от простоев добывающих и обрабатывающих судов, связанных с ожиданием бункеровки. Эти условия сформулированы в статье введением соответствующих формул. Так как в процессе вычислений необходимо сглаживание некоторых применяемых величин, то для выравнивания ряда, подверженного сезонным изменениям, можно воспользоваться методами скользящих средних, наименьших квадратов, а также применить приемы гармонического анализа. Нами был использован ряд Фурье. Обычно при сглаживании по ряду Фурье рассчитывают несколько гармоник и затем уже определяют, какая из них наилучшим образом отражает периодичность изменения его уровня. Далее следует рассматривать полученную функцию с точки зрения возможности оценки провозоспособности наливного флота на будущий период. В статье приводятся методы вычисления всех параметров, позволяющих определить необходимые инвестиционные ресурсы для создания резерва наливного флота (доходы от поставок дополнительного топлива, доставляемого резервом в планируемом подпериоде, величина приведенных затрат на единицу резервного тоннажа). Использование рекомендуемого метода дает возможность определить целесообразность создания такого резерва и оптимизировать его.

инвестиционные ресурсы, добывающий флот, наливной флот, сезонность промысла, резерв наливного флота, капитальные затраты, текущие расходы, содержание резерва, выигрыш от резерва, гармонический анализ, экстраполяция

In the period of the greatest intensity of fishing, there may be a shortage of capacities of the tanker fleet, as a result of which fishing vessels bear losses due to downtime waiting for bunkering. To mitigate the impact of seasonality, it is necessary to invest in creation of the tanker fleet reserve. Since the need for such a reserve comes at a price, both for the construction of the tanker fleet and for its maintenance, availability of

this reserve should be compensated by the revenues from the delivery of additional fuel to the fishery and from the decrease in losses from idle times of mining and processing vessels associated with waiting for bunkering. These conditions are formulated in the article by introducing the corresponding formulas. Since in the calculation process it is necessary to smooth out some of the quantities used in the calculation, in order to smooth a series subject to seasonal changes one can use the moving average method, least squares methods and harmonic analysis techniques. We used the Fourier series. Usually, when aligning over the Fourier series, several harmonics are calculated and then it is determined which of them best reflects the periodicity of the level variation of the series. Next, we should consider a function obtained from the point of view of the possibility of assessing the capacity of the tanker fleet for the future period. The article presents calculation methods of all parameters, allowing us to determine necessary investment resources to build the tanker fleet reserve (incomes from the delivery of additional fuel delivered by the reserve in the planned sub period, the cost per unit of the reserve tonnage). Using the recommended method makes it possible to determine the feasibility of creating such a reserve and optimize it.

investment resources, mining fleet, tanker fleet, fishing seasonality, tanker fleet reserve, capital costs, operating costs, reserve maintenance, reserve gain, harmonic analysis, extrapolation

ВВЕДЕНИЕ

Неравномерность в работе добывающего флота, порождаемая сезонным характером рыбного промысла, создает неритмичность при эксплуатации наливного флота, в функции которого входит снабжение топливом и смазочными материалами промысловых судов.

Опыт показывает, что в период наибольшей напряженности промысла может создаваться ситуация, когда ощущается недостаток судов танкерного флота, в результате чего промысловые суда несут убытки вследствие простоев в ожидании бункеровки [1].

Для сглаживания воздействия сезонности и необходимо инвестировать средства в создание резерва наливного флота [2 - 4]. Наличие такого резерва требует затрат на его создание и содержание, которые должны компенсироваться доходами от доставки дополнительного топлива на промысел и от уменьшения затрат от простоев добывающих и обрабатывающих судов, связанных с ожиданием бункеровки.

Следовательно, создание резерва наливного (танкерного) флота будет целесообразно в том случае, если затраты на его содержание будут меньше эффекта от его эксплуатации или равны таковому.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Итак, задачу можно сформулировать следующим образом: требуется определить резерв наливного флота на перспективу при условии, что стоимость содержания этого резерва не будет превышать сумму доходов от доставки им дополнительного топлива и прибыли от реализации выпущенной дополнительно рыбной продукции промысловым флотом в результате уменьшения простоев, связанных с ожиданием танкерного флота.

То есть

$$n \times C \times R \leq k \times P + S, \quad (1)$$

где n – число частей периода планирования (подпериодов); k – число случаев в планируемом подпериоде, для которых потребность в топливе превышает возможности провозоспособности наливного флота; C – величина приведенных затрат на единицу резервного тоннажа в планируемом подпериоде; R – резерв провозной способности наливного флота в планируемом подпериоде; P – доходы от поставок дополнительного топлива, доставляемого резервом в планируемом подпериоде; S – прибыль от реализации рыбной продукции, выпущенной дополнительно промысловым флотом в планируемом подпериоде за счет сокращения простоев в ожидании бункеровки.

Тогда резерв провозоспособности наливного флота в планируемом подпериоде определяется из следующего неравенства:

$$R \leq \frac{k \times P + S}{n \times C}, \quad (2)$$

где C , k , P и S – прогнозируемые показатели [1].

Относительное значение резерва определяется по формуле

$$Y = \frac{R}{Q^{\text{год}}} \times 100\%, \quad (3)$$

где $Q^{\text{год}}$ – требуемая провозоспособность наливного флота при равномерной потребности в нем, которая определяется как:

$$Q^{\text{год}} = Q - Q^*, \quad (4)$$

где Q – количество топлива, которое по плану требуется на промысле на планируемый период (год); Q^* – планируемое количество топлива, которое будет доставлено на промысел не танкерным флотом (например, приемно-транспортными судами) в планируемом году.

Следует отметить, что при условии соблюдения равенства (4) достигается максимум допустимого резерва, но выполнение этого равенства не гарантирует оптимального варианта.

Далее рассмотрим величину $q(t) = (X_t - \bar{X}_t) \times a_t$ как функцию времени от года t ($t=1, 2, \dots, p$), где X_t – общая провозоспособность флота, доставляющего топливо в тонна-милях за период t ; \bar{X}_t – средняя провозоспособность флота, доставляющего топливо за год, выраженная в тонна-милях; a_t – удельный вес провозоспособности наливного флота в общем объеме доставляемого топлива за год, выраженная в тонна-милях.

Величина $q(t)$ представляет собой разницу между фактической за подпериод и средней провозоспособностью наливного флота за год.

Прежде всего, следует проанализировать характер изменения данной величины во времени. Рассмотрим, как она меняется в течение m лет.

Для сглаживания ряда, подверженного сезонным изменениям, можно воспользоваться методами скользящих средних, наименьших квадратов, а также приемами гармонического анализа [5, 6].

Для выравнивания используется ряд Фурье, который выражается уравнением:

$$y(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{i=1}^{\frac{P}{2}} \left[A_i \times \sin\left(\frac{2\pi}{p_i}t\right) + B_i \cos\left(\frac{2\pi}{p_i}t\right) \right], \quad (5)$$

где p_i – период гармоник; $2\pi t$ – переменная; A_0, A_i, B_i – коэффициенты Фурье.

Определим $\frac{nm}{2}$ гармоник ($p = nm$).

Для расчета параметров уравнения используют следующие формулы:

$$A_0 = \frac{1}{P} \sum_{t=1}^P q(t); \quad (6)$$

$$A_i = \frac{2}{P} \sum_{t=0}^{P-1} q_t \sin\left(\frac{2\pi}{p_i}t\right); \quad (7)$$

$$B_i = \frac{2}{P} \sum_{t=0}^{P-1} q_t \cos\left(\frac{2\pi}{p_i}t\right). \quad (8)$$

Обычно при выравнивании по ряду Фурье рассчитывают несколько гармоник и затем уже определяют, какая из них наилучшим образом отражает периодичность изменения уровня ряда. Далее следует рассматривать полученную функцию с точки зрения возможности оценки провозоспособности наливного флота на будущий период.

Если предположить, что в будущем сохранится та же амплитуда колебаний, то для вычисления значений провозоспособности наливного флота на планируемый период следует исходить из предполагаемого тренда. Для того чтобы оценить погрешность, надо перенести рассчитанную ошибку аппроксимации на планируемый период и получить доверительные интервалы.

Фиксируем последовательно те значения y , для которых выполняется неравенство $y > 0$. Пусть таких случаев k , тогда

$$P = \frac{b \times \sum_{i=1}^k y_n}{r}, \quad (9)$$

где b – тариф за доставку одной тонны топлива; r – средний пробег одной тонны топлива в милях.

Для расчета величины прибыли от реализации рыбной продукции, получаемой в результате сокращения простоев промыслового флота в прогнозируемом периоде, рекомендуется, применив статистические методы, определить на основе отчетных данных за ряд лет тенденции изменения величины $S = f_j^{np} \times z_j$, где f_j^{np} – время простоев промыслового флота по типам судов j ($j=1, 2, \dots, u$); z_j – прибыль, получаемая за сутки промысла по типам промысловых судов.

Далее, сделав предположение, что тенденции, сложившиеся на исследуемом отрезке времени, сохраняются в будущем, можно экстраполировать

данную величину с учетом ожидаемых темпов инфляции в прогнозируемом периоде.

Приведенные затраты, приходящиеся на единицу тоннажа резерва наливного флота, определяются по следующей формуле:

$$C = \frac{E_n \times \sum_{j=1}^u K_j}{\sum_{j=1}^u D_j} + \frac{\sum_{j=1}^u \Theta_j}{\sum_{j=1}^u D_j}, \quad (10)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_n=0,12$); K_j – капитальные затраты j -го судна; Θ_j – эксплуатационные затраты j -го судна; D_j – чистая грузоподъемность j -го судна.

Значения величин $\frac{\sum_{j=1}^u K_j}{\sum_{j=1}^u D_j}$ и $\frac{\sum_{j=1}^u \Theta_j}{\sum_{j=1}^u D_j}$ в прогнозируемом периоде

вычисляются методом экстраполяции с учетом их изменений за ряд лет.

В результате проводимых исследований необходимо выявить, окупятся ли инвестиционные средства, вложенные в создание резерва наливного флота.

ВЫВОДЫ

Приведенная методика может быть использована для проведения практических расчетов по определению резерва провозной способности танкерного флота, а также резерва провозоспособности водолеев.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корякина, А. В. Инвестиционные ресурсы рыбохозяйственного комплекса (на примере рыбохозяйственного комплекса Калининградской области) // А. В. Корякина, А. Г. Мнацаканян, В. А. Теплицкий; под ред. В. А. Теплицкого. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 97 с.
2. Корякина, А. В. Прогнозирование резервов провозной способности приемно-транспортного флота / А. В. Корякина, А. Г. Мнацаканян, В. А. Теплицкий // Финансы и кредит. – 2014. – № 34 (610). – С. 54 – 58.
3. Романов, Е. А. Экономика рыбохозяйственного комплекса / Е. А. Романов. – Москва: Мир, 2005. – 336 с.
4. Корякина, А. В. Пример расчета оптимального резерва производственных мощностей морских рыбных портов / А. В. Корякина, В. А. Теплицкий // Балтийский экономический журнал. – 2014. – № 2 (12). – С. 98 – 106.
5. Громыко, Г. М. Статистические ряды в экономических и экономико-географических исследованиях / Г. М. Громыко. – Москва: Изд-во МГУ, 1974. – 264 с.

6. Кильдишев, Г. С. Анализ временных рядов и прогнозирование / Г. С. Кильдишев, А. А. Френкель. – Москва: Статистика, 1973. – 104 с.

REFERENCES

1. Teplitskiy V. A., Koryakina A. V., Mnatsakanyan A. G. *Investitsionnye resursy rybokhozyaystvennogo kompleksa (na primere rybokhozyaystvennogo kompleksa Kaliningradskoy oblasti)* [Investment resources of the fishery complex (by the example of the fishery complex of the Kaliningrad region)]. Kaliningrad, izd-vo Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2014, 97 p.
2. Koryakina A. V., Teplitskiy V. A., Mnatsakanyan A. G. Prognozirovanie rezervov provoznoy sposobnosti priemno-transportnogo flota [Forecasting the reserves of the carrying capacity of the receiving-cargo fleet]. *Finansy i kredit*, 2014, no. 34(610), pp. 54-58.
3. Romanov E. A. *Ekonomika rybokhozyaystvennogo kompleksa* [Economy of the fishery complex]. Moscow, Mir, 2005, 336 p.
4. Koryakina A. V., Teplitskiy V. A. Primer rascheta optimal'nogo rezerva proizvodstvennykh moshchnostey morskikh rybnykh portov [Example of calculating the optimal reserve of production capacity of marine fishing ports]. *Baltiyskiy ekonomicheskii zhurnal*, 2014, no. 2(12), pp. 98-106.
5. Gromyko G. M. *Statisticheskie ryady v ekonomicheskikh i ekonomiko-geograficheskikh issledovaniyakh* [Statistical series in economic and economic-geographical studies]. Moscow, MGU, 1974, 264 p.
6. Kil'dishev G.S., Frenkel' A.A. *Analiz vremennykh ryadov i prognozirovaniye* [Time series analysis and forecasting]. Moscow, Statistika, 1973, 104 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Корякина Анна Владимировна – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры управления производством;
E-mail: a.koryakina@inbox.ru

Koryakina Anna Vladimirovna – Kaliningrad State Technical University;
Postgraduate Student of the Department of Production Management;
E-mail: a.koryakina@inbox.ru

Теплицкий Владимир Абрамович – Калининградский государственный технический университет; доктор экономических наук,
профессор кафедры управления производством

Teplitskiy Vladimir Abramovich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of economic science, Professor of the Department of Production Management

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ИЗВЕСТИЯ КГТУ»

Общие требования

Журнал публикует оригинальные неопубликованные ранее статьи, удовлетворяющие критериям высокого научного качества по научным направлениям: естественно-научные и математические, биологические и сельскохозяйственные, технические, экономические науки, промышленное рыболовство. Срок сдачи статей в редакцию – за два месяца до выхода журнала «в свет», график выхода: 1 февраля, 1 мая, 1 августа, 1 ноября. Все присланные статьи проходят проверку системой «Антиплагиат».

В редакцию журнала авторы представляют:

– **распечатку рукописи**, подписанную всеми авторами, и ее электронную версию. Текст рукописи должен полностью соответствовать тексту электронного варианта;

– **внешнюю или внутреннюю рецензию доктора наук** (на стандартном бланке), заверенную подписью и печатью ученого секретаря со словами: «Подпись рецензента такого-то заверяю, должность заверяющего, фамилия, роспись, число». Бланк рецензии можно скачать на сайте университета в разделе «Наука и инновации – Научный журнал». Рецензент должен являться признанным специалистом по тематике рецензируемого материала и иметь в течение последних трех лет публикации по тематике рецензируемой статьи;

– **экспертное заключение** с печатью о степени секретности сведений, содержащихся в статье.

В дальнейшем с автором заключается **Лицензионный договор** и оформляется **Акт передачи – приемки рукописи**.

Объем статьи

Объем статьи составляет от пяти до десяти страниц текста, включая рисунки, таблицы и список литературы.

Структура статьи

– **Введение** (состояние проблемы, задачи исследования) по центру, прописными буквами, кегль 12, шрифт не жирный);

– **Основная часть** (постановка задачи, методы и результаты исследования, их обсуждение – прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный). Основную часть рекомендуется разбивать на разделы с названиями, отражающими их содержание;

– **Заключение** (выводы – прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный).

Составные части статьи и порядок их следования

1. **Индекс** по универсальной десятичной классификации (УДК) размещается в левом верхнем углу без отступа (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный).

2. Через один интервал по центру – **название статьи** (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный).

3. Через один интервал по центру – **инициалы и фамилия(и) автора(ов)** (кегель 12, шрифт обычный).

4. Через один интервал по центру – **название статьи на английском языке** (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный).

5. Через один интервал по центру – **инициалы и фамилия(и) автора(ов) на английском языке** (кегель 12, шрифт обычный).

6. Через два интервала с отступом Tab. 1,27 – **аннотация** (кегель 12, шрифт обычный, слово «Аннотация» не указывается).

Рекомендуемый объем аннотации 1000-2000 знаков (200-250 слов). В начале не повторяется название статьи, аннотация не разбивается на абзацы. Аннотация должна быть полноценной и информативной, не содержать общих слов, отражать содержание статьи и результаты исследований, строго следовать структуре статьи. Следует избегать использования вводных слов и оборотов, лишних вводных фраз, например, «автор статьи рассматривает...», не нужно подчеркивать личный вклад автора. Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в аннотации не приводятся. В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи, избегать сложных грамматических конструкций. Вводная часть минимальна, место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит конкретные сведения (выводы, рекомендации и т.п.). Допускается введение сокращений в пределах аннотации (понятие из 2-3 слов заменяют на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение – в скобках, далее используется только сокращение). Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры (например, названий учреждений) без расшифровки и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Значения t° обозначать как «град. С», в английском варианте – как «deg С».

7. С новой строки с отступом Tab. 1,27 – **ключевые слова** со строчной, через запятую (кегель 12, шрифт обычный, курсив, фраза «Ключевые слова» не указывается, точка в конце не ставится).

8. Через два интервала с отступом 1,27 – **аннотация на английском языке** (кегель 12, обычный, слово «Аннотация» не указывается).

Недопустимо использование машинного перевода, вместо десятичной запятой используется точка. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в английском языке (допускается: ВТО – WTO, ФАО – FAO и т.п.). Безличные конструкции переводятся с использованием пассива.

9. С новой строки с отступом Tab. 1,27 – **ключевые слова на английском языке** со строчной через запятую (кегель 12, шрифт обычный, курсив, фраза «Ключевые слова» не указывается, точка в конце не ставится).

10. Через два интервала с отступом – **текст статьи** (кегель 12), включающий в себя обязательные структурные элементы (см. Структура статьи). **Нельзя использовать в текстах формулы-картинки и прочие искусственно вставленные символы.**

11. Через два интервала после текста статьи по центру **список использованных литературных источников** (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный). Список литературы в научных публикациях обязателен (оформляется по ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Правила составления»). Список литературы должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. В список включаются только те работы, на которые автор ссылается в тексте. Источники в списке литературы нумеруются и располагаются в порядке их упоминания в тексте (в порядке цитирования). Для размещения статьи в международной базе Agris (по рекомендации редактора рубрики) требуется не менее 7-ми источников, среди них должны быть зарубежные авторы.

Образцы оформления списка использованных литературных источников:

Монография

1. Агеев, В. В. Грузопассажирские суда в военных конфликтах: моногр. / В. В. Агеев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – 106 с.
2. Бухановский, А. В. Моделирование нелинейных систем в сложных динамических средах: моногр. / А. В. Бухановский, С. В. Иванов, Ю. И. Нечаев. – Санкт-Петербург: Издательский центр НИУ ИТМО, 2013. – 263 с.

Книга

Книги одного - трех авторов

1. Розенштейн, М. М. Методы оптимизации проектных характеристик орудий рыболовства: моногр. / М. М. Розенштейн. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – 185 с.
2. Новикова, А. М. Универсальный экономический словарь / А. М. Новикова, Н. Е. Новиков, К. А. Погосов. – Москва: Экономика, 1995. – 135 с.

Книги более трех авторов

- Религии мира: пособие для преподавателей / Я. Н. Шапов [и др]. – Санкт-Петербург: Питер, 1996. – 496 с.

Книги, не имеющие индивидуальных авторов (под редакцией)

- Сборник задач по физике: учеб. пособие для вузов / под ред. С. М. Павлова. – 2-е изд., доп. – Москва: Высшая школа, 1995. – 347 с.

Статья в журнале

1. Толкачева, О. В. Влияние барьерных факторов на стойкость пресервов / О. В. Толкачева, Б. Л. Нехамкин, В. И. Шендерюк // Рыбная промышленность. – 2006. – №2. – С. 14-16.
2. Байдалинова, Л. С. Перспективы использования растительных антиоксидантов для стабилизации гидролитических и окислительных процессов в препаратах полиненасыщенных жирных кислот / Л. С. Байдалинова, С. В. Андропова // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2013. – № 29. – С. 74-80.

Статья в электронном журнале

1. Белоус, Н. А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе / Н. А. Белоус // Мир лингвистики и коммуникации: электронный научный журнал. – 2006. – № 4 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).

2. Орехов, С. И. Гипертекстовый способ организации виртуальной реальности / С.И. Орехов // Вестник Омского государственного педагогического университета: электронный научный журнал. – 2006 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.omsk.edu/article/vestnik-omgpru-21.pdf> (дата обращения: 10.01.2007).

Статья, опубликованная в сборниках научных трудов вузов, материалах конференций и семинаров

1. Авдеева, Е. В. Биоразнообразие паразитов рыб и ее особенности в бассейне Вислинского залива (Балтийское море) / Е. В. Авдеева, Е. Б. Евдокимова, С. К. Заостровцева // I Всерос. науч. интернет-конф. (12 февр. 2013): материалы. – Казань, 2013. – С. 52-56.

2. Александров, Ю. П. Измерение динамической твердости титановых сплавов / Ю. П. Александров // Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2013: XI Междунар. научн. конф. (25-27 сент.): тр.: к 100-летию высш. рыбохоз. образования в России: в 2 ч. / Федер. Агентство по рыболовству; ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – Ч. 2. – С. 29-32.

Диссертация или автореферат диссертации

1. Данилов, Г. В. Как же быть?: дис. ... канд. экон. наук: 05.13.10 / Данилов Геннадий Петрович; МАИ. – Москва, 1999. – 138 с.

2. Манилов, А. В. Кто виноват?: автореф. дис. ... канд. юрид. наук: 05.13.10 / Манилов Алексей Владимирович; МЮИ. – Москва, 1999. – 16 с.

Переводная книга

1. Себехей, В. Теория орбит: ограниченная задача трех тел / В. Себехей: пер. с англ. / под ред. Г. Н. Дубошина. – Москва: Наука, 1982. – 656 с. [Victor G. Szebehely. Theory of Orbits: the Restricted Problem of Three Bodies. New York : Academic Press, 1967].

2. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт: пер. с англ. – Москва: Вильямс, 2006. – 1328 с. [Date C. J. An Introduction to Database Systems. 8th ed. Addison-Wesley, 2003. – 1024 p.].

Ссылки на все приведенные в списке литературы источники в тексте заключаются в квадратные скобки, например: [2], [4–7], [1, 18, 25]. Если в тексте есть прямая цитата, заключенная в кавычки, то обязательно должна быть указана страница, на которой эта цитата находится в цитируемом источнике. Например: [7, с. 28]. **Ссылки на неопубликованные работы и работы, находящиеся в печати, не допускаются.**

12. Через строку по центру – список литературы на латинице (должен быть озаглавлен – **references**, прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный). Транслитерировать список литературы можно автоматически, зайдя на сайт <http://translit.ru> и выбрав режим BGN (транслитерируют только после оформления списка по образцу).

Образцы оформления ссылок:

Монография, книга

1. Shorygin A. A. *Pitanie i pishchevye vzaimootnosheniia ryb Kaspiiskogo moria* [Diet and food relations of fish in the Caspian Sea]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1952, 268 p.

2. Latyshev V. N., *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friksionnye protsessy pri rezanie metallov* [Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting], Ivanovo, Ivanovskii Gos. Univ., 2009.

Статья в журнале

1. Zagurenko A. G., Korotovskikh V. A., Kolesnikov A. A., Timonov A. V., Kardymon D.V. Techno-economic Optimization of the Design of Hydraulic Fracturing [Tekhniko-ekonomicheskaya optimizatsiya dizaina gidrorazryva plasta]. *Neftyanoe khozyaistvo*, 2008, no.11, pp. 54-57.

2. Sokolov L. I. Pitaniye sibirskogo osetra *Acipenser baerii* Brandt r. Leny [Diet of the Siberian sturgeon of the river Lena]. *Voprosy ikhtiologii*, 1966, vol. 6, iss. 3 (40), pp. 550–560.

Статья в электронном журнале

1. Ivanova A. E. Problemy smertnosti v regionakh Tsentral'nogo federal'nogo okruga [Problems of mortality in regions of the Central Federal Okrug]. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2008, no. 2, available at: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/54/30/> (Accessed 19 September 2008).

Статья, опубликованная в материалах конференций

1. Usmanov T. S., Gusmanov A. A., Mullagalin I. Z., Muhametshina R. Ju., Chervyakova A. N., Sveshnikov A. V. Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniem gidrorazryva plasta [Features of the Design of Field Development with the Use of Hydraulic Fracturing]. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi"* [Proc. 6th Int. Technol. Symp. "New Energy Saving Subsoil Technologies and the Increasing of the Oil and Gas Impact"]. Moscow, 2007, pp. 267-272.

Диссертация и автореферат

1. Turkovskaia O. V. *Biologicheskie i tekhnologicheskie aspekty mikrobnoy ochildki stochnykh vod i prirodnykh ob"ektov ot poverkhnostno-aktivnykh veshchestv i nefteproduktov. Diss. dokt. biol. nauk* [Biological and technical aspects of microbial purification of sewage and nature objects from surface-active substances and oil products. Dis. dr. biol. sci.]. Saint-Petersburg, 2000, 360 p.

2. Dolganova N. V. *Razrabotka ekologicheski chistykh tekhnologiy belkovykh kormovykh produktov na osnove vtorichnykh resursov. Avtoreferat diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of ecological pure technologies of protein feeding products on the basis of water resources. Abstract of dis. dr. sci.]. Saratov, 1997, 54 p.

Переводная книга

1. Timoshenko S.P., Yound D.H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. Ed.: Timoshenko S.P., Iang D.Kh., Uiver U. *Kolebaniia v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985, 472 p.).

13. Через два интервала по центру – **информация об авторе(ах)** (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный). Через интервал по центру дается следующая информация: *Фамилия, имя, отчество автора (курсивом)*, далее прямой шрифт – место работы; научная степень, ученое звание; должность; E-mail (для всех данных кегль 12, точка в конце не ставится); телефон (лучше мобильный, остаётся в редакции, нужен на случай, если у редактора возникнут вопросы по тексту). Через интервал по центру информация дублируется на английском языке.

Образец:

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Петров Иван Иванович – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук, профессор; зав. кафедрой пищевых и холодильных машин; E-mail: petrov@mail.ru; тел. 8(905)31-33-456

Petrov Ivan Ivanovich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: petrov@mail.ru

Кужлева Елизавета Петровна – Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (г. Калининград); аспирант кафедры машиноведения и технических систем; E-mail: roza@bk.ru; тел. 8(952)31-39-654

Kuzhleva Elizaveta Petrovna – Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad); Post-graduate student; Department of Engineering Science and Technical Systems; E-mail: roza@bk.ru

Правила оформления рукописей

- формат бумаги: А4;
- ориентация: книжная;
- поля сверху, слева, справа – 3 см, снизу – 3,5 см;
- гарнитура шрифта: Times New Roman;
- кегль – 12;
- абзац с отступом Tab. 1,27;
- межстрочный интервал – одинарный;
- при наборе текста:

- не допускается: применять стили при формировании текста; вносить изменения в шаблон или создавать свой для формирования текста; ставить пробелы перед знаками препинания; применять любые разрядки слов;

- необходимо: слова внутри абзаца разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; установить автоматическую расстановку переносов (путь: меню СЕРВИС → подменю ЯЗЫК → пункт РАССТАНОВКА ПЕРЕНОСОВ → поставить галочку в открывшемся окне «автоматическая расстановка переносов»).

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 этом нумеруют арабскими цифрами графы и строки первой части таблицы. Слово «Таблица» указывают один раз слева (без отступа) над первой частью таблицы, после номера ставят точку, следом с прописной идет название таблицы, точку в конце не ставят; над другими частями пишут: «Продолжение таблицы», с указанием номера таблицы. Таблица должна быть вставлена автоматически (через «Таблица: Добавить таблицу»). Название таблицы дублируют на английском языке под русским названием, и наоборот, если статья на английском языке (Таблица 1. Table 1.).

Рисунки. Допускаются только черно-белые четкие рисунки, выполненные средствами компьютерной графики или сканированные (сканированные необходимо распечатывать на лазерном или струйном принтере). Рисунки могут быть введены в текст статьи или выполнены в виде отдельных графических файлов. В последнем случае необходимо указать место расположения рисунка, написав на полях рукописи после абзаца, в котором он впервые упоминается: Рис. 1. и т. д. Все рисунки должны быть пронумерованы (Рис. 1. и т. д.) и иметь подрисуночные подписи. Номер рисунка и подрисуночная подпись располагаются под рисунком. Название рисунка дублируют на английском языке под русским названием, и наоборот, если статья на английском языке (Рис. 1. Fig. 1.). Точка в конце подрисуночной подписи не ставится.

Все обозначения на рисунке должны соответствовать обозначениям в тексте. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью. Ссылки на все рисунки в тексте обязательны. Ширина рисунка не должна быть больше ширины полосы набора текста.

Если в статье один рисунок или одна таблица, они не нумеруются.

Не допускается заканчивать статью рисунком или таблицей.

Все рисунки и таблицы должны быть расположены по центру полосы набора.

Формулы. Все формулы набираются в формульном редакторе, нумеруются, на них должны быть ссылки в тексте в круглых скобках. Формулы выносятся отдельной строкой после ссылки с отступом два Тав. Номер формулы вводится в круглые скобки и выравнивается вправо. При наборе формул рекомендуется использовать следующие кегли шрифтов: основной – 11; крупный индекс – 7; мелкий индекс – 5; крупный символ – 14; мелкий символ – 10. Гарнитура шрифта Times New Roman. Для набора математических формул используют буквы латинского алфавита (светлый курсив), греческого алфавита (светлый прямой шрифт) и готический шрифт (светлый прямой). Индексы формул, обозначенные буквами латинского алфавита, набирают курсивом (m_i – масса i -го элемента), а обозначен-

ные буквами русского алфавита – прямым шрифтом (l_p – длина разбега; $V_{\text{пос}}$ посадочная скорость). Сокращенные обозначения физических величин и единиц измерения (кВт, Ф/м, W/m) – светлым прямым без точек. Числа и дроби в формулах должны быть набраны светлым прямым шрифтом. Прямым шрифтом набирают также некоторые математические обозначения (sin, tg; max, min; const; log, det, exp и т. д.). Векторные величины следует обозначать жирным курсивом, а не надсимвольной чертой: e не \bar{e} . Перенос в формулах допускается делать в первую очередь на знаках (=, », <, > и др.), во вторую очередь – на отточии (...), на знаках сложения и вычитания (+, –), в последнюю – на знаке умножения в виде косоугольного креста (\times). Перенос на знаке деления не допускается. Математический знак, на котором разрывается формула при переносе, обязательно должен быть повторен в начале второй строки. При переносе формул нельзя отделять выражения, содержащиеся под знаком интеграла, логарифма, суммы, произведения, от самих знаков. Небольшие формулы, не имеющие самостоятельного значения, набираются внутри строк текста. Наиболее важные формулы, все нумерованные формулы, а также длинные и громоздкие формулы, содержащие знаки суммирования, произведения и т. п., набирают отдельными строками. Отбивка до и после строки с формулой в этом случае – 6 пунктов. Вместо выражения вида $\frac{a}{b}$ рекомендуется писать a/b. Отдельные элементы математических формул, вынесенные в текст, набираются по приведенным выше правилам (прямой шрифт в формуле – прямой шрифт в тексте, курсив в формуле – курсив в тексте).

Химические символы (Ag, Cu) набирают прямым шрифтом. Для набора рекомендуется использовать редактор Chem Window.

Единицы физических величин следует приводить в международной системе СИ по ГОСТ 8.417-2002. ГСИ. Единицы величин.

Все аббревиатуры в тексте должны быть расшифрованы. Разрешаются лишь общепринятые сокращения названий мер, физических, химических и математических величин.

Электронный вариант материалов

Текст статьи, рефераты, ключевые слова и сведения об авторе(ах) размещаются в одном файле. Материалы должны быть оформлены с применением средств Microsoft Office 2003 (расширение текстового файла *.doc). Для передачи информации подойдут любые электронные носители.

Редакция журнала оставляет за собой право производить сокращения и редакционные изменения рукописи.

Статьи, не соответствующие вышеперечисленным требованиям, могут быть возвращены автору(ам) для доработки.

Рукописи статей, принятых к публикации, авторам не возвращаются.

Публикации статей бесплатные. Рукописи статей сотрудников ФГБОУ ВПО «КГТУ» направляются в редакционную коллегию журнала по рекомендациям научно-методических семинаров кафедр. Все статьи проходят обязательное внешнее или внутреннее рецензирование. Автор самостоятельно или в соавторстве может представить в номер не более одной статьи. Статьи публикуются на русском или английском языке. Страницы не нумеровать.

Адрес редакции:
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1,
Калининградский государственный технический университет
Тел. (4012) 99-59-74
E-mail: svetlana.suprunova@klgtu.ru
<http://klgtu.ru/science/magazine/index.php>

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор),
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-47915
от 22.12.2011 г.

Директор издательства Г. А. Смирнова

Редакторы: Е. В. Билко, И. В. Голубева, Г. Е. Смирнова

Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1
Лицензия № 05609 от 14.08.2001

Подписано в печать 27.10.2017. Выход в свет 01.11.2017. Формат 60 x 88 (1/8)
Печ. л. 24,5. Уч.-изд. л. 15,7. Тираж 1000 экз. Заказ № 63