

ИЗВЕСТИЯ

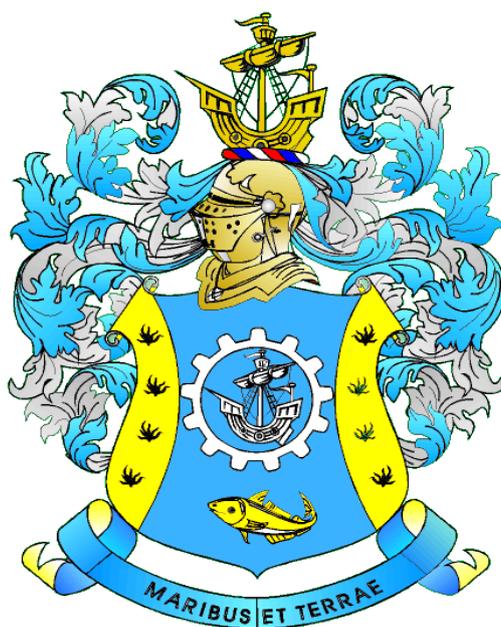
КГТУ

2017

№ 45

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Научный журнал



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

Калининград

«Известия КГТУ»
Учредитель: ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный
технический университет»

Научный журнал
Основан в 2002 г.

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 ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», заслуж. Изобретатель РФ;
А. В. Бараненко, д-р техн. наук, проф., ректор Института холода и биотехнологий ФГБОУ ВПО «С.-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», заслуж. деятель науки РФ;
А. М. Газалиев, д-р хим. наук, проф., ректор Карагандинского государственного технического университета, акад. НАН РК;
А. М. Еришов, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», заслуж. работник рыбн. хоз- ва РФ;
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 ВПО «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 ВПО «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.; *Сулейманов Р. Х.*, к. физ.-мат. н., доц.; *В. И. Сутырин*, 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. Шибеев*, 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

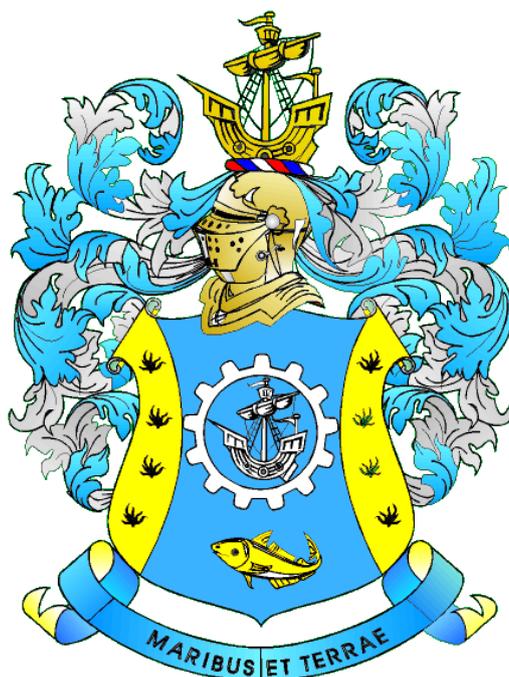
KSTU NEWS

2017

№ 45

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>Авдеева Е. В.</i> Микрофлора рыб естественных и искусственных водоемов Калининградской области.....	13
<i>Авдеева Е. В., Евдокимова Е. Б., Заостровцева С. К.</i> Современное состояние изучения паразитофауны рыб водоемов Калининградской области.....	24
<i>Алдушина Ю. К., Барановский П. Н.</i> Возможности применения ГИС-технологий в мониторинге объектов размещения твердых коммунальных отходов.....	62
<i>Буруковский Р. Н., Ансари З., Махсюдлю А.</i> Морфология креветки <i>Alpheus lobidens</i> De Naan 1849 с литорали Оманского моря (Иран).....	72
<i>Кривоускова Е. В., Цветкова Н. Н.</i> Предварительная оценка критической фосфорной нагрузки на озеро Виштынецкое (Калининградская область).....	83
<i>Курапова Т. М., Хрусталева Е. И., Гончаренко О. Е.</i> Влияние настоя вахты трехлистной (<i>Menyanthes trifoliata</i>) на поведение сеголетков карпа.....	93
<i>Соколов А. Н., Чубаренко Б. В.</i> Анализ эффективности сброса в море материала дноуглубления с точки зрения берегозащиты.....	102
<i>Чайка К. В., Гришианов Г. В.</i> Рацион большого баклана и оценка влияния гнездовых колоний на рыбные запасы Куршского залива.....	112

Техника и технология пищевых производств

<i>Аллерт А. А., Альшевская М. Н.</i> Научное обоснование применения овощных масс свеклы, моркови, петрушки в технологии хлебобулочных изделий.....	125
<i>Волков В. В., Гримм Т., Ланге Т., Мезенова О. Я., Хёлинг А.</i> Изучение различных способов гидролиза вторичного сырья тихоокеанских лососевых рыб на примере голов нерки (<i>Oncorhynchus nerka</i>).....	136
<i>Воробьев В. И., Нижникова Е. В.</i> Исследования и применение рыбной чешуи в различных отраслях промышленности (обзор).....	147
<i>Елисеев М. И., Фатыхов Ю. А., Людкевич Т.</i> Определение оптимального кавитационного режима для обеззараживания сырной сыворотки.....	160
<i>Панфилов В. А.</i> Развитие технологий аграрно-промышленного комплекса и методология научного поиска.....	170
<i>Поротикова Е. Ю., Бочарова-Лескина А. Л., Андреев М. П.</i> Влияние параметров приготовления соленой рыбопродукции, упакованной в модифицированной газовой среде, на скорость протеолиза мышечной ткани.....	176
<i>Шуманова М. В., Фатыхов Ю. А., Шуманов В. А.</i> Определение продолжительности просаливания сельди до заданной концентрации при температуре 0°C.....	186

Сельское хозяйство и природопользование

<i>Анциферова О. А., Басаргина А. А.</i> Агроэкологическая оценка дерновых оглеенных осушенных почв низменной равнины.....	197
<i>Бедарева О. М., Матюха А. В., Кравцов Е. Г.</i> Оценка и оптимизация возрастного состава дендрофлоры ландшафтных парков.....	211
<i>Бедарева О. М., Троян Т. Н., Мурачёва Л. С., Федюнина О. П., Горшнина Г. В., Волкова И. А.</i> Культуртехническое состояние природных кормовых угодий и перспективы их оптимизации.....	221

Судостроение, машиностроение и энергетика

<i>Кужахметова Э. Р.</i> Сравнительный анализ работы вант с разной геометрической характеристикой при вертикальном нагружении.....	235
--	-----

Естественные и математические науки

<i>Рыжкина Т. А., Старовойтова З. П.</i> Роль аналитических функций в определении условий стационарности стохастического процесса.....	247
--	-----

Экономика и управление АПК

<i>Колесниченко Е. А., Торжков И. О., Радюкова Я. Ю.</i> Вариативность плантационного лесоразведения на основе оценки его прибыльности.....	257
---	-----

CONTENT

Biology, Ecology and Fishing Industry

<i>Avdeeva E. V.</i> Microflora of fish from natural and artificial reservoirs of the Kaliningrad region.....	13
<i>Avdeeva E. V., Evdokimova E. B., Zaoztrovseva S. K.</i> Current state of studying fish parasitofauna of the Kaliningrad region water bodies.....	24
<i>Aldushina Yu. K., Baranovskiy P. N.</i> Possibilities of using GIS-technologies for monitoring of solid municipal waste sites.....	62
<i>Burukovsky R. N., Ansari Z., Maghsoodlou A.</i> Morphology of shrimp <i>Alpheus lobidens</i> de Haan 1849 from the littoral zone of the Oman sea (Iran).....	72
<i>Krivopuskova E. V., Tsvetkova N. N.</i> Preliminary estimate of critical phosphorus load in lake Vishtynetskoe (the Kaliningrad region).....	83
<i>Kurapova T. M., Khrustalyov E. I., Goncharenok O. E.</i> Influence of marsh trefoil (<i>Menyanthes trifoliata</i>) infusion on behaviour of carp fingerlings.....	93
<i>Sokolov A. N., Chubarenko B. V.</i> Efficiency analysis of the sea disposal of dredging material from the coastal protection point of view.....	102
<i>Chaika K. V., Grishanov G. V.</i> Great cormorant diet and assesment of the impact of breeding colonies on fish stock in the Curonian lagoon.....	112

Food Production Techniques and Technology

<i>Allert A. A., Alshevskaya M. N.</i> Scientific substantiation of using vegetable masses of beetroot, carrot, parsley in bakery products technology.....	125
<i>Volkov V. V., Grimm T., Lange T., Mezenova O. Ya., Hoehling A.</i> Study of different hydrolysis methods of pacific salmon by-products using sockeye (<i>Oncorhynchus nerka</i>) heads as an example.....	136
<i>Vorobjov V. I., Nizhnikova E. V.</i> Research and application of fish scale in a variety of industries (review).....	147
<i>Eliseev M. I., Fatykhov Ju. A., Lyudkevich T.</i> Determining the optimum cavitation mode for disinfection of cheese whey.....	160
<i>Panfilov V. A.</i> Development of technologies for aic (agro-industrial complex) and methodology of scientific research.....	170
<i>Porotikova E. Yu., Bocharova-Leskina A. L., Andreev M. P.</i> Influence of manufacturing parameters of salted fish products packed in modified atmosphere on proteolysis rate of fish muscle.....	176
<i>Shumanova M. V., Fatykhov Yu. A., Shumanov V. A.</i> Determining the duration of herring salting up to the present concentration at 0° C.....	186

Agriculture and Nature Management

<i>Antsiferova O. A., Basargina A. A.</i> Agroecological assessment of soddy gleyed drained soils of the lowland plains.....	197
<i>Bedareva O. M., Matyukha A. V., Kravtsov E. G.</i> Assessing and improving the age structure of the arboreal vegetation in landscape parks.....	211

Bedareva O. M., Troyan T. N., Murachyova L. S., Fedyunina O. P., Gorshinina G. V., Volkova I. A. Cultural-technical condition of natural feeding grounds and prospects of their use..... 221

Ship Building, Machinery and Power-Engineering

Kuzhakhmetova E. R. Comparative analysis of guys with different geometric characteristics in vertical loading..... 235

Earth and Mathematical Sciences

Ryzhkina T. A., Starovoytova Z. P. The role of analytical functions in determination of stochastic process stationarity terms..... 247

Economy and Management of agribusiness industry

Kolesnichenko E. A., Torzhkov I. O., Radyukova Ya. Yu. Variability of plantation forestry based on the assessment of its profitability..... 257

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 579.68(06), 579.26(075.8)

МИКРОФЛОРА РЫБ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ
КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. В. Авдеева

MICROFLORA OF FISH FROM NATURAL AND ARTIFICIAL RESERVOIRS
OF THE KALININGRAD REGION

E. V. Avdeeva

Целью наших исследований стал анализ состава микрофлоры в водоемах и рыбоводных хозяйствах Калининградской области. Изучение микрофлоры рыб в водоемах области было начато в 1978 г. и осуществляется до наших дней. Исследования проводились в рыбоводных хозяйствах: учебно-опытном рыбоводном хозяйстве КГТУ, установках с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) Калининградского и Пионерского рыбных портов, в форелевом садковом хозяйстве «Прибрежное», а также в естественных водоемах области: Вислинском и Куршском заливах, Балтийском канале, нижнем течении р. Неман и р. Матросовке. В микрофлоре леща и среде его обитания обнаруживали условно-патогенные, сапрофитные бактерии и бактерии группы кишечной палочки. С 1998 г. и по настоящее время зафиксирован устойчивый рост встречаемости лещей с кожными язвенными заболеваниями, вызванными бактериями аэромонадно-псевдомонадного комплекса.

Одновременно изучался состав микрофлоры угря и бактериофлоры воды и грунта в Вислинском заливе. В микробиоценозе угря преобладали бактерии аэромонадно-псевдомонадного комплекса. При исследовании микрофлоры корюшки в устье р. Неман выявили четыре вида псевдомонад, возбудителя почечной болезни, бактерий кокковой группы, сапрофитных бактерий. Условно-патогенные псевдомонады способны вызывать у рыб различные септические процессы. Бактериоценоз салаки представлен кокковыми бактериями и условно-патогенными для рыб бактериями рода *Enterobacter*. Последние могут вызвать у рыб бактериальные инфекции. Подобные работы в названных водоемах были выполнены впервые. Установлено, что в них постоянно происходит обмен между окружающей средой и организмом рыбы. У рыб в естественных водоемах и рыбоводных хозяйствах всегда присутствуют бактерии аэромонадно-псевдомонадного комплекса, которые при стрессовых ситуациях способны вызывать заболевания и даже гибель. В микрофлоре рыб обнаружены два вида бактерий, опасных для человека.

микрофлора, бактерии, среда обитания, патогенность, водоем, микробиоценоз, промысловые рыбы, аэромонады, псевдомонады, септицемия

The aim of the current study is microflora composition analysis in water reservoirs and fish farms of the Kaliningrad region. Study of fish microflora in water

bodies of the region began in 1978, and still continues. The research has been conducted at the following aquacultural farms: scientific-experimental fish farm of Kaliningrad State Technical University; closed-circuit water delivery installations in Kaliningrad fishery port and Pionerskiy fishery port; trout cage culture fish farm “Pribrezhnoye”; natural water reservoirs (the Vistula lagoon, the Couronian lagoon, the Baltic channel, lower course of the Neman river, the Matrosovka river). Potentially pathogenic bacteria, saprophytic bacteria and coliform bacteria were detected multiple times in bream microflora and bream natural habitat. Since 1998 researchers have been observing steady increase in detecting bream with skin ulcer diseases caused by aeromonial&pseudomonial bacteria.

At the same time, composition of eel microflora and bacterioflora of water and soil in the Vistula lagoon has been studied. In eel microbiocenosis aeromonial&pseudomonial bacteria prevailed. An investigation of the smelt microflora at the mouth of the Neman river revealed four types of pseudomonads, a causative agent of renal disease of the coccus group bacteria and saprophytic bacteria. Potentially pathogenic pseudomonads are able to cause various septic processes in fish. The bacteriocenosis of Baltic herring is represented by coccal bacteria and potentially pathogenic Enterobacter bacteria. The latter can cause bacterial infections in fish. Such kind of research in these water bodies has been performed for the first time. It has been established that there is a constant exchange between the environment and the body of the fish in the reservoirs. Both at natural water bodies and at fish farms, fish always contain aeromonial&pseudomonial bacteria, which in stressful situations are capable of causing diseases and even death of fish. In fish microflora, two types of bacteria that are dangerous for humans have been found.

microflora, bacteria, habitat, pathogenicity, water reservoir, microbiocenosis, commercial fish, aeromonades, pseudomonades, septicemia

ВВЕДЕНИЕ

Изучение микрофлоры рыб водоемов области было начато в 1978 г. и осуществляется по настоящее время [1]. Впервые исследования проведены А. И. Васюковым и Е. В. Авдеевой, ими изучена микрофлора карпа и форели в установке замкнутого цикла водоснабжения в Калининградском и Пионерском рыбных портах [2, 3]. Затем подобные работы осуществлялись В. Ю. Жезмер [4 - 6]. С 2004 г. постоянно проводится мониторинг микрофлоры карпа при выращивании в установке замкнутого водообеспечения [7]. Далее микробиологические исследования рыб, воды, грунтов были продолжены в Вислинском и Куршском заливах, Балтийском канале, реках Неман и Матросовке, а также в УОХ КГТУ и форелевом садковом хозяйстве «Прибрежное».

Материалом для анализа послужили более 3000 экземпляров рыб разных систематических групп, более 1000 проб воды и грунтов, около 500 проб рыбных кормов.

МЕТОДЫ

Бактериологический посев, определение бактерий до вида, постановку биопробы, определение патогенности бактерий осуществляли по общепринятым в ихтиопатологии методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Было выявлено, что в установке с замкнутым циклом водообеспечения происходит микробиологическая корреляция звеньев системы «вода-рыба-корм». В результате тесного контакта особей в УЗВ осуществляется прямой путь передачи патогенных агентов. После разгрузки выростных емкостей распространение вирулентных микроорганизмов идет через водную среду. Этиологическим агентом септического процесса у карпа в замкнутой системе выступают бактерии рода *Aeromonas* [7 - 9].

С 2001 г. проводились работы по изучению микрофлоры европейского угря, грунтов, воды в Вислинском заливе.

В микробиоценозе угря и среде его обитания во все сезоны года доминировали условно-патогенные бактерии родов *Aeromonas* и *Pseudomonas*. Общая бактериальная обсемененность рыбы, воды, грунтов зависела от времени года. Незначительную долю в микробном пейзаже рыбы, воды и грунтов составляли галофильные вибрионы и энтеробактерии. Патологические процессы у европейского угря Вислинского залива вызывали бактерии аэромонадно-псевдомонадного комплекса [10 - 13].

С 1998 по 2006 г. была изучена микрофлора леща и воды в Куршском заливе. Из воды выявлены три вида аэромонад (*A. hydrophila*, *A. sobria* и *A. caviae*) и четыре рода псевдомонад (*Ps. alcaligenes*, *Ps. pseudoalcaligenes*, *Ps. aeruginosa* и *Ps. putida*); семь видов бактерий группы кишечной палочки, которые служат индикатором санитарно-бактериологического неблагополучия водной среды; обнаружены также 18 видов сапрофитных бактерий.

Анализ сезонной динамики микрофлоры воды залива выявил доминирование сапрофитных бактерий весной, условно-патогенных – летом и осенью. Установлено, что возбудителями язвенного заболевания кожи у леща являются условно-патогенные бактерии: *Aeromonas hydrophila*, *A. sobria*, *A. caviae*, *Pseudomonas alcaligenes*, *Ps. pseudoalcaligenes*. С 1998 г. и до наших дней зафиксирован устойчивый рост среднегодовых показателей встречаемости рыб с кожными язвенными заболеваниями, наиболее подвержены болезни рыбы в возрасте 5-6 лет [14 - 20].

В настоящее время исследования микрофлоры леща также постоянно показывают обсемененность рыб аэромонадами и псевдомонадами.

В 2009 г. О. В. Казимирченко проведены исследования микрофлоры стерляди, выращиваемой в УЗВ ООО КМП «Аква». Рыба была обсеменена псевдомонадами (четыре вида), санитарно-показательными (2 вида) и сапрофитными (три вида) бактериями. В микрофлоре воды обнаружены бациллы и кишечные палочки [21].

В 2012 г. изучили микрофлору воды и грунтов Куршского и Вислинского заливов и обнаружили, что осенью её составляют условно-патогенные бактерии родов *Aeromonas* и *Pseudomonas*. Одинаковое количественное соотношение аэромонад и псевдомонад в микробиоценозах воды и грунтов заливов может указывать на то, что в водоеме происходит постоянная циркуляция этих групп бактерий из одной среды обитания в другую (вода – грунт).

В 2015-2016 гг. нами была исследована микрофлора корюшки в устье р. Неман. Внешних патологических признаков у рыб не выявлено. Однако в микрофлоре корюшки найдены четыре вида псевдомонад: *Pseudomonas diminuta*,

Ps. alcaligenes, *Ps. cepacia*, *Ps. stutzeri*. Обнаружены бактерии *Renibacterium salmoninarum*, вызывающие бактериальную почечную болезнь. В микробиоценозе выявлены бациллы, бактерии кокковой группы и сапрофитные бактерии. Псевдомонады *Ps. alcaligenes*, *Ps. cepacia*, *Ps. stutzeri* являются условно-патогенными бактериями для рыб и могут вызывать у них различные септические процессы.

При клиническом и патолого-анатомическом исследовании плотвы из Балтийского канала, Калининградского залива патологических изменений на коже, жабрах, плавниках и во внутренних органах не выявлено. Тем не менее плотва была обсеменена кокковыми бактериями рода *Streptococcus*, условно-патогенными бактериями рода *Aeromonas* и санитарно-значимыми бактериями рода *Streptococcus*. В микрофлоре почек выявлены бактерии *Aeromonas hydrophila*. Бактерии представляют опасность для рыб, вызывая воспалительные процессы.

Бактериоценоз салаки в Калининградском заливе был сформирован в основном кокковыми бактериями: *Micrococcus luteus* и *Sarcina flava*. В составе микрофлоры кожи и жабр присутствовали условно-патогенные для рыб палочковидные бактерии рода *Enterobacter*. Эти бактерии участвуют в возникновении у рыбы смешанной бактериальной инфекции – бактериальной геморрагической септицемии. Кроме того, энтеробактерии входят в группу санитарно-показательных микроорганизмов, которые указывают на постоянные поступления в Вислинский залив хозяйственно-бытовых сточных вод.

В составе бактериофлоры судака обнаружены грамотрицательные бактерии родов *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Citrobacter*, *Aeromonas*, *Escherichia coli* и грамположительные бактерии родов *Listeria*, *Bacillus*, *Actinomyces*, *Khurtia*, *Micrococcus* и *Enterococcus*. У рыб, зараженных *Pseudomonas aeruginosa*, наблюдали отечность и гиперемию ануса и кишечника. В печени отмечали дегенеративные изменения, в полости тела – асцитную жидкость.

Исследования микрофлоры карпа, воды и грунтов учебно-опытного хозяйства КГТУ постоянно проводили с 1978 г. [1, 8, 9, 22].

В составе микрофлоры карпа регистрировали аэромонад (*Aeromonas hydrophila*, *A. sobria*, *A. veronii*, *A. caviae*) и псевдомонад (*Pseudomonas diminuta*, *Ps. alcaligenes*). В качестве сопутствующей микрофлоры у него были найдены бациллы и кокковая группа бактерий.

В формировании состава микрофлоры карпа участвуют бактерии, населяющие воду и грунт прудов, причем количество гетеротрофных бактерий в микрофлоре грунтов было выше, чем в воде. В состав микробиоценоза грунта входили аэромонады *Aeromonas hydrophila*, *A. sobria*, *A. veronii* и псевдомонады *P. puticla*, *P. diminuta*, *P. vesicularis*. Из микрофлоры воды в равных количествах выделяли аэромонад (*A. hydrophila*, *A. caviae*) и псевдомонад (*P. diminuta*, *P. alcaligenes*). В осенний сезон разнообразие условно-патогенных бактерий в большей степени выявлено в микрофлоре грунта, весной - в микрофлоре воды. Аэромонады в микрофлоре карпа преобладают над псевдомонадами.

Исследование микрофлоры форели форелевого садкового хозяйства проводили с 1978 г. [2, 23].

В результате микробиологических исследований органов и тканей рыб выявили, что в составе микробиоценоза форели доминируют условно-патогенные

бактерии родов *Aeromonas* и *Pseudomonas*. В осенний и весенний сезоны у форели обнаружили высокое обсеменение бактериями паренхиматозных органов – печени, почек и селезенки. В микрофлоре этих органов постоянно присутствовали *Aeromonas hydrophila*, *A. caviae*, *Pseudomonas diminuta*, *P. pseudoalcaligenes*.

Источниками обсеменения форели условно-патогенными аэромонадами и псевдомонадами являются вода садков и грунт, в их составе доминировали *Aeromonas caviae* и несколько видов псевдомонад. Основными воротами контаминации внутренних органов рыбы, вероятнее всего, является кишечник.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, у рыб естественных водоемов и рыбоводных хозяйств в микрофлоре постоянно присутствуют бактерии аэромонадно-псевдомонадного комплекса, которые могут вызывать у них кровоизлияния и язвенные поражения кожи, бактериальную геморрагическую септицемию во внутренних органах. Эти же бактерии обсеменяют воду и грунт. Можно утверждать, что в водоеме происходит обмен микрофлорой между окружающей средой (вода, грунт) и организмом рыбы. При стрессовых условиях (изменение температуры воды, травмирование рыбы, пересадки рыбы и др.) у рыб возможны возникновение бактериальных инфекций и в конечном итоге гибель.

Также нами обнаружены в микрофлоре рыб бактерии *Aeromonas hydrophila* и *Pseudomonas aeruginosa*, представляющие опасность для человека [24 - 27].

В водоемах области найдены санитарно-показательные микроорганизмы бактерии группы кишечной палочки, кишечная палочка, энтеробактерии, которые указывают на то, что в эти водоемы сбрасываются хозяйственно-бытовые сточные воды [21].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авдеева, Е. В. Мониторинг инфекционных и инвазионных болезней разводимых видов рыб в Калининградской области / Е. В. Авдеева // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов – 2: междунар. науч.-практ. конф.: расширенные материалы. – Борок (17-20 июля 2007 г.). – Москва, 2007. – С. 139-140.
2. Васюков, А. И. Изучение сапрофитной условно-патогенной микрофлоры // Пластический обмен у рыб: сб. науч. тр. / А. И. Васюков, Е. В. Авдеева. – Калининград: Изд-во КТИРПиХ, 1985. – С. 19.
3. Васюков, А. И. Изучение микрофлоры форели в замкнутых системах / А. И. Васюков, Е. В. Авдеева // Биологические основы индустриальной аквакультуры: тематич. сб. науч. тр. – Калининград, 1984. – С. 54-59.
4. Жезмер, В. Ю. К вопросу санитарно-бактериологического контроля кормов, используемых в индустриальном рыбоводстве / В. Ю. Жезмер, Е. В. Ляшенко // ХУП Межвуз. науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных и инженерно-технических работников, аспирантов калининградских вузов Минрыбхоза СССР: сб. тез. докл. – Калининград: Изд-во КТИРПиХ, 1989. – С. 65-67.

5. Жезмер, В. Ю. Микробиологические критерии оценки эпизоотического состояния установок с замкнутым циклом водообеспечения в отношении аэромоназа карпа / В. Ю. Жезмер, Н. В. Белякова // Сб. науч. тр. ВНИПРХ. – 1988. – Вып. 55. – С. 79-83.

6. Жезмер, В. Ю. Энтеробактерии в установках с замкнутым циклом водообеспечения / В. Ю. Жезмер, Н. В. Белякова, Л. В. Заливако // Сб. науч. тр. ВНИПРХ. – 1988. – Вып. 55. – С. 84-88.

7. Котлярчук, М. Ю. Микробный пейзаж карпа (*Cyprinus carpio L.*) при выращивании в установке с замкнутым циклом водообеспечения: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 – Ихтиология / Котлярчук Мария Юрьевна; ФГОУ ВПО «КГТУ». - Калининград, 2008. – 22 с.

8. Авдеева, Е. В. Особенности микрофлоры карпов при выращивании в хозяйствах различного типа // Междунар. науч.-техн. конф., посвященная 70-летию основания Калининградского государственного технического университета: материалы: в 2 ч. / Е. В. Авдеева, М. Ю. Котлярчук. - Калининград: Изд-во КГТУ, 2000. - Ч.1. - С. 110-111.

9. Авдеева, Е. В. Проблема болезней рыб при искусственном воспроизводстве в некоторых хозяйствах Калининградской области // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре: Второй международный симпозиум: сб. тез. докл. / Е. В. Авдеева, М. Ю. Котлярчук, Е. Б. Евдокимова. - Адлер, 1999. – С. 34.

10. Микробиологический мониторинг европейского угря в условиях антропогенной нагрузки / Е. В. Авдеева [и др.]; под ред. В. В. Орленка // Экологические проблемы Калининградской области и Балтийского региона: сб. науч. тр. - Калининград, 2007. – С. 129-134.

11. Авдеева, Е. В. Мониторинг состояния европейского угря *Anguilla anguilla L.* Вислинского (Калининградского) залива по бактериологическим параметрам / Е. В. Авдеева, О. В. Казимирченко // Фундаментальные исследования. - 2005. - № 8. – С. 50.

12. Авдеева, Е. В. Роль водной среды в формировании состава микрофлоры угря Вислинского залива // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов: Всерос. науч.-практ. конф.: тез. докл. - Москва (16-18 июля, 2003 г.) / Е. В. Авдеева, О. В. Казимирченко. – Москва, 2003. – С. 10-11.

13. Казимирченко, О. В. Экологический анализ грамотрицательной микрофлоры грунтов, воды и европейского угря (*Anguilla anguilla L.*) Вислинского залива (Балтийское море): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 – Экология / Казимирченко Оксана Владимировна; ФГОУ ВПО «КГТУ». - Калининград, 2008. – 25 с.

14. Авдеева, Е. В. Микробный пейзаж Калининградского залива и его экологическая оценка / Е. В. Авдеева, О. В. Казимирченко // Успехи современного естествознания. - 2005. - № 11. – С. 80.

15. Авдеева, Е.В. Микрофлора промысловых видов рыб из естественных водоемов Калининградской области / Е. В. Авдеева, О. В. Казимирченко // Проблемы иммунологии, патологии, охраны здоровья рыб и других гидробионтов: IV Междунар. конф.: расширенные материалы. – Барок

(24-27 сентября, 2015 г.) / под ред. В. Р. Микрякова [и др.]. – Ярославль: Филигрань, 2015. – С. 377-380.

16. Казимирченко О. В. Условно-патогенная бактериофлора леща (*Abramis brama* L.), воды и грунтов Куршского залива / О. В. Казимирченко, Я. Р. Каримова // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: Вторая междунар. науч.-практ. конф.: труды / ФГБОУ ВПО «КГТУ». - Калининград, 2014. – С. 109-112.

17. Чукалова, Н. Н. Микрофлора леща (*Abramis brama* L.) Куршского залива (юго-восточная часть Балтийского моря): в 2-х ч. / Н. Н. Чукалова, Е. В. Авдеева // Инновации в науке и образовании: сб. науч. тр., (18-20 октября 2006 г.). – Ч. 1.– Калининград, 2006. – С. 68-70.

18. Чукалова, Н. Н. Микрофлора леща Куршского залива / Н. Н. Чукалова, Е. В. Авдеева // Ветеринария. – 2008. - № 1. – С. 23-26.

19. Чукалова, Н. Н. Экологические факторы, обуславливающие эпизоотическое состояние леща (*Abramis brama* L.) в Куршском заливе Балтийского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 – Экология / Чукалова Наталья Николаевна; Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2008. – 23 с.

20. Rodjuk G., Avdeeva E., Chukalova N., Kotlyarchuk M., Bugakova V. Bream (*Abramis brama* L.) microflora composition in the Vistula and the Curonian lagoons (the Baltic sea) / 10th International conference on “Diseases of Fish and Shellfish”, 10-14 September, Dublin, Ireland, 2001. – P. 40.

21. Авдеева, Е. В. Опыт изучения микробиоценозов при выращивании в УЗВ в Калининградской области / Е. В. Авдеева, М. Ю. Котлярчук, О. В. Казимирченко // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: III Балтийский морской форум: междунар. науч. конф.: труды // ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Калининград, 2015. – С. 114-115.

22. Формирование микробиоценоза рыбы в условиях выращивания в хозяйствах различного типа Калининградской области / Е. В. Авдеева [и др.] // Проблемы гидробиологии и ихтиопатологии: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2003. – С. 4-14.

23. Авдеева, Е. В. Оценка эпизоотического состояния форелевого рыбноводного хозяйства «Прибрежное» (Калининградская область) / Е. В. Авдеева, О. В. Казимирченко // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб // III Междунар. конф.: расширенные материал. - Борок (18 -22 июля 2011 г.)/ под ред. д.б.н., проф. В. Р. Микрякова [и др.] / МСХА им. Т.А. Тимирязева. - Москва: Изд-во РГАУ, 2011. - С. 267-268

24. Авдеева, Е. В. Значение микробиологических исследований в рыбохозяйственной и экологической практике / Е. В. Авдеева // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: науч. конф.: труды / ФГБОУ ВПО «КГТУ». - Калининград, 2013. – С. 226-229.

25. Авдеева Е. В. Итоги бактериологических исследований рыб в рыбноводных хозяйствах и некоторых водоемах Калининградской области / Е. В. Авдеева // Болезни рыб: сб. науч. тр. [Fish diseases: Collection of scientific papers]. Вып. 79. – Москва: ВНИИПРХ, 2004. – С. 26-30.

26. Авдеева, Е. В. Итоги бактериологических исследований рыб в рыбноводных хозяйствах различного типа и естественных водоемах

Калининградской области / Е. В. Авдеева, О. В. Казимирченко // Успехи современного естествознания. – 2006. - № 1. – С. 29.

27. Авдеева, Е. В. Условно-патогенные бактерии рыб внутренних водоемов Калининградской области и их патогенное значение: в 3 т. / Е. В. Авдеева, М. Ю. Котлярчук // VIII съезд Гидробиологического общества РАН: тез. докл. (Калининград, 16-23 сентября 2001 г.). - Калининград, 2001. -Т. 3. – С. 3-4.

REFERENCES

1. Avdeeva E.V. *Monitoring infekcionnyh i invazionnyh boleznej razvodimyh vidov ryb v Kaliningradskoj oblasti. Problemy immunologii, patologii i ohrany zdorov'ja ryb i drugih gidrobiontov-2: rasshirennye materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Monitoring of infectious and parasitic diseases of farmed fish in the Kaliningrad region. Issues of immunology, pathology and health protection of fish and other aquatic organisms- 2: extended proceedings of international research conference]. Moscow, Borok, 17-20 ijulja 2007 g., pp. 139-140.

2. Vasjukov A. I., Avdeeva E. V. *Izuchenie saprofitnoj uslovno-patogennoj mikroflory. Plasticheskij obmen u ryb: sbornik nauchnyh trudov* [Study of saprophytic opportunistic pathogenic microflora. Constructive metabolism of fish: collection of scientific papers]. Kaliningrad, KTIRPiH, 1985, pp. 19.

3. Vasjukov A. I., Avdeeva E. V. *Izuchenie mikroflory foreli v zamknutyh sistemah* [Study of trout microflora in closed-circuit systems]. *Biologicheskie osnovy industrial'noj akvakul'tury: tematicheskij sbornik nauchnyh trudov* [Biological basis for industrial aquaculture: subject collection of scientific papers]. Kaliningrad, 1984, pp. 54-59.

4. Zhezmer V. Ju., Ljashenko E. V. *K voprosu sanitarno-bakteriologicheskogo kontrolja kormov, ispol'zuemyh v industrial'nom rybovodstve* [On the question of sanitary and bacteriological control of the fodders used in commercial fishery]. *XYII mezhvuzovskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnyh i inzhenerno-tehnicheskikh rabotnikov, aspirantov kaliningradskih vuzov Minrybhoza SSSR. Sbornik tezisov dokladov* [XYII interuniversity research conference of teaching, scientific and engineering staff, postgraduate students of Kaliningrad universities of The Ministry of fishery of the USSR. The book of abstracts]. Kaliningrad, KTIRPH, 1989, pp. 65-67.

5. Zhezmer V. Ju., Beljakova N. V. *Mikrobiologicheskie kriterii ocenki jepizooticheskogo sostojanija ustanovok s zamknutym ciklom vodoobespechenija v otnoshenii ajeromonoza karpa: sbornik nauchnyh trudov VNIPRH* [Microbiological criteria for evaluation of epizootic state of closed-circuit water installations in relation to red spot disease of carps: collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Freshwater Fishery]. 1988, vol. 55, pp. 79-83.

6. Zhezmer V. Ju., Beljakova N. V., Zalivako L. V. *Jenterobakterii v ustanovkah s zamknutym ciklom vodoobespechenija: sbornik nauchnyh trudov VNIPRH* [Enterobacteria in closed-circuit water installations: collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Freshwater Fishery]. 1988, vol. 55, pp. 84-88.

7. Kotljarchuk M. Ju. *Mikrobnij pejzazh karpa (Cyprinus carpio L.) pri vyrashhivanii v ustanovke s zamknutym ciklom vodoobespechenija. Avtoreferat diss. na soisk. uch. stepeni kand. biol. nauk* [Bacterial flora of carps (Cyprinus carpio L.) when

cultivation fish in closed-circuit water installations. Extended abstract of PhD (Biology) dissertation]. Kaliningrad, FGOU VPO «KGTU», 2008, 22 p.

8. Avdeeva E. V., Kotljarchuk M. Ju. Osobennosti mikroflory karpov pri vyrashhivanii v hozhajstvah razlichnogo tipa [Special features of bacterial flora of carps when growing in different fish farms]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhennoj 70-letiju osnovanija Kaliningradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta* [Proceedings of the international research conference dedicated to the 70th anniversary of foundation of Kaliningrad State Technical University]. Kaliningrad, KGTU, 2000, vol. 1, pp. 110-111.

9. Avdeeva E. V., Kotljarchuk M. Ju., Evdokimova E. B. Problema boleznej ryb pri iskusstvennom vosproizvodstve v nekotoryh hozhajstvah Kaliningradskoj oblasti (tezisy) [Problem of fish diseases in artificial reproduction in some fish farms of the Kaliningrad region (abstracts)]. *Vtoroj mezhdunarodnyj simpozium «Resursosberegajushhie tehnologii v akvakul'ture»: sbornik tezisov dokladov* [Second international symposium "Resource-saving technologies in aquaculture": the book of abstracts]. Adler, 1999, 34 p.

10. Avdeeva E. V., Bernikova T. A., Kazimirchenko O. V., Nagornova N. N. Mikrobiologičeskij monitoring evropejskogo ugrja v uslovijah antropogennoj nagruzki. Jekologičeskije problemy Kaliningradskoj oblasti i Baltijskogo regiona [Microbiological monitoring of European eel under anthropogenic load. Environmental problems of the Kaliningrad region and the Baltic sea region]. *Sbornik nauchnyh trudov* [Collection of scientific papers]. Kaliningrad, 2007, pp. 129-134.

11. Avdeeva E. V., Kazimirchenko O. V. Monitoring sostojanija evropejskogo ugrja *Anguilla anguilla* L. Vislinskogo (Kaliningradskogo) zaliva po bakteriologičeskim parametram [Monitoring of European eel *Anguilla anguilla* L. of the Vistula lagoon according to bacteriological parameters]. *Fundamental'nye issledovanija*, 2005, no. 8, 50 p.

12. Avdeeva E. V., Kazimirchenko O. V. Rol' vodnoj sredy v formirovanii sostava mikroflory ugrja Vislinskogo zaliva. [The role of water environment in formation of bacteriological flora of eel in the Vistula lagoon]. *Problemy patologii, immunologii i ohrany zdorov'ja ryb i drugih gidrobiontov: tezisov dokladov Vserossijskoj nauchno-praktičeskoy konferencii (g. Moskva, 16-18 ijulja 2003 g.)* [Problems of pathology, immunology and health protection of fish and other aquatic organisms: abstracts of the All-Russian research conference (Moscow, 16-18 July, 2003)]. Moscow, 2003, pp. 10-11.

13. Kazimirchenko O. V. *Jekologičeskij analiz gramotricatel'noj mikroflory gruntov, vody i evropejskogo ugrja (Anguilla anguilla L.) Vislinskogo zaliva (Baltijskoe more)*. Avtoreferat diss. na soisk. uch. stepeni kand. biol. nauk [Environmental analysis of the gram-negative bacteriological flora of grounds, water and European eel (*Anguilla anguilla* L.) of the Vistula lagoon (the Baltic sea). Extended abstract of PhD (Biology) dissertation]. Kaliningrad, FGOU VPO «KGTU», 2008, 25 p.

14. Avdeeva E. V., Kazimirchenko O. V. Mikrobnij pejzazh Kaliningradskogo zaliva i ego jekologičeskaja ocenka [Bacterial flora of the Kaliningrad region and its environmental evaluation]. *Uspehi sovremennogo estestvoznanija*, 2005, no. 11, pp. 80.

15. Avdeeva E. V., Kazimirchenko O. V. Mikroflora promyslovyh vidov ryb iz estestvennyh vodoemov Kaliningradskoj oblasti [Bacterial flora of commercial fish from natural reservoirs in the Kaliningrad region]. *Problemy immunologii, patologii,*

ohrany zdorov'ja ryb i drugih gidrobiontov: rasshirennye materialy IV mezhdunarodnoj konferencii, Borok, 24-27 sentjabrja 2015 [Problems of pathology, immunology and health protection of fish and other aquatic organisms: extended abstracts of the IV international conference, Borok, 24-27 September 2015]. Jaroslavl', Filigran', 2015, pp. 377-380.

16. Kazimirchenko O. V., Karimova Ja. R. Uslovno-patogennaja bakterioflora leshha (*Abramis brama* L.), vody i gruntov Kurshskogo zaliva [Potentially pathogenic bacterial flora of bream (*Abramis brama* L.), water and grounds of the Curonian lagoon]. *Trudy Vtoroj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Vodnye bioresursy, akvakul'tura i jekologija vodoemov»* [Proceedings of the Second international research conference "Aquatic bioresources, aquaculture and ecology of water reservoirs"]. Kaliningrad, FGBOU VPO «Kaliningradskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet», 2014, pp. 109-112.

17. Chukalova N. N., Avdeeva E. V. Mikroflora leshha (*Abramis brama* L.) Kurshskogo zaliva (jugo-vostochnaja chast' Baltijskogo morja) [Bacterial flora of bream (*Abramis brama* L.) of the Curonian lagoon (south-eastern part of the Baltic sea)]. *Innovacii v nauke i obrazovanii: sbornik nauchnyh trudov konferencii, Kaliningrad, 18-20 oktjabrja 2006* [Innovations in science and education: collection of scientific papers of the conference, Kaliningrad, 18-20 October 2006]. Kaliningrad, vol. 1, 2006, pp. 68-70.

18. Chukalova N. N., Avdeeva E. V. Mikroflora leshha Kurshskogo zaliva [Bacterial flora of bream of the Curonian lagoon]. *Veterinarija*, 2008, no. 1, pp. 23-26.

19. Chukalova N. N. *Jekologičeskie faktory, obuslavlivajushhie jepizootičeskoe sostojanie leshha (Abramis brama L.) v Kurshskom zalive Baltijskogo morja. Avtoreferat diss. na soisk. uch. stepeni kand. biol. nauk* [Environmental factors responsible for epizootic state of bream (*Abramis brama* L.) in the Curonian lagoon of the Baltic sea. Extended abstract of PhD (Biology) dissertation]. Kaliningrad, AtlantNIRO, 2008, 23 p.

20. Rodjuk G., Avdeeva E., Chukalova N., Kotljarchuk M., Bugakova V. Bream (*Abramis brama* L.) microflora composition in the Vistula and the Curonian lagoons (the Baltic sea). *10th International conference on "Diseases of Fish and Shellfish", 10-14 September, Dublin, Ireland, 2001*, p. 40.

21. Avdeeva E. V., Kotljarchuk M. Ju., Kazimirchenko O. V. Opyt izuchenija mikrobiocenzov pri vyrashhivanii v UZV v Kaliningradskoj oblasti [Study experience of microbiocenosis when growing in closed-circuit water installations in the Kaliningrad region]. III Baltijskij morskij forum. *Trudy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Vodnye bioresursy, akvakul'tura i jekologija vodoemov»* [III Baltic maritime forum. Proceedings of International research conference "Aquatic bioresources, aquaculture and ecology of water reservoirs"]. Kaliningrad, FGBOU VPO «Kaliningradskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet», 2015, pp. 114-115.

22. Avdeeva E. V., Kotljarchuk M. Ju., Kazimirchenko O. V. *Formirovanie mikrobiocenoza ryby v uslovijah vyrashhivanija v hozjajstvah razlichnogo tipa Kaliningradskoj oblasti: problemy gidrobiologii i ihtiopatologii: sbornik nauchnyh trudov* [Formation of microbiocenosis of fish when growing fish in different fish farms of the Kaliningrad region: problems of hydrobiology and ichthyopathology: collection of scientific papers]. Kaliningrad, KGTU, 2003, pp. 4-14.

23. Avdeeva E. V., Kazimirchenko O. V. Ocenka jepizootического sostojanija forelevogo rybovodnogo hozjajstva «Pribrezhnoe» (Kaliningradskaaja oblast') [Evaluation of epizootic state of "Pribrezhnoe" trout fish farm (the Kaliningrad region)] *Problemy immunologii, patologii i ohrany zdorov'ja ryb. Rasshirennyye materialy III mezhdunarodnoj konferencii, Borok, 18 -22 ijulja 2011*[Problems of immunology, pathology and health protection of fish: extended materials of the III international conference, Borok, 18-22 July 2011]. Moscow, izd-vo RGAU – MSHA im. T. A. Timirjazeva, 2011, pp. 267-268.

24. Avdeeva E. V. Znachenie mikrobiologicheskikh issledovanij v rybohozjajstvennoj i jekologicheskoj praktike [Meaning of microbiological studies in fishery and environmental practice]. *Trudy nauchnoj konferencii «Vodnye bioresursy, akvakul'tura i jekologija vodoemov»* [Proceedings of the research conference "Aquatic bioresources, aquaculture and ecology of water reservoirs"]. Kaliningrad, FGBOU VPO «Kaliningradskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet», 2013, pp. 226-229.

25. Avdeeva E. V. Itogi bakteriologicheskikh issledovanij ryb v rybovodnyh hozjajstvah i nekotoryh vodoemah Kaliningradskoj oblasti [Results of the bacteriological studies of fish in fish farms and some reservoirs of the Kaliningrad region]. *Bolezni ryb: sbornik nauchnyh trudov* [Fish diseases: Collection of scientific papers]. Moscow, VNIIPRH, 2004, vol. 79, pp. 26-30.

26. Avdeeva E. V., Kazimirchenko O. V. Itogi bakteriologicheskikh issledovanij ryb v rybovodnyh hozjajstvah razlichnogo tipa i estestvennyh vodoemah Kaliningradskoj oblasti (tezisy) [Results of the bacteriological studies of fish in different fish farms and natural reservoirs of the Kaliningrad region (abstracts)]. *Uspehi sovremennogo estestvoznanija*, 2006, no. 1, p. 29.

27. Avdeeva E. V., Kotljarchuk M. Ju. Uslovno-patogennye bakterii ryb vnutrennih vodoemov Kaliningradskoj oblasti i ih patogennoe znachenie [Potentially pathogenic fish bacteria of inland water reservoirs of the Kaliningrad region and their pathogenic meaning]. *Tezisy dokladov VIII s'ezda Gidrobiologičeskogo obshhestva RAN (Kaliningrad, 16-23 sentjabrja 2001 g)* [Abstracts of the VIII meeting of the Hydrobiological society of the Russian Academy of Science]. Kaliningrad, 2001, vol. 3, pp. 3-4.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Авдеева Елена Витальевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, профессор кафедры ихтиопатологии и гидробиологии; E-mail: elavd@mail.ru

Avdeeva Elena Vitalievna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biology, professor of the Department of ichthyopathology and hydrobiology; E-mail: elavd@mail.ru

УДК 576.8:597.556.33(261.24)(06)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ПАРАЗИТОФАУНЫ РЫБ
ВОДОЕМОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. В. Авдеева, Е. Б. Евдокимова, С. К. Заостровцева

CURRENT STATE OF STUDYING FISH PARASITOFUNA
OF THE KALININGRAD REGION WATER BODIES

E. V. Avdeeva, E. B. Evdokimova, S. K. Zaostrovtsava

В работе приводятся результаты многолетних исследований паразитофауны рыб водоемов Калининградской области. Изучено 29 видов рыб из разнотипных водоёмов: озер, водохранилищ, рек, заливов. Найдено 305 видов паразитов, показано их распределение по хозяевам-рыбам и водоемам области. Исследования начались с изучения паразитофауны рыб Виштынецкого озера и прилегающих к нему оз. Мариново, Островное, Лесное, Боровиково, в двух водохранилищах на р. Лаве, а также в р. Преголе, Прохладной, Неман и Шешупе, в Куршском и Вислинском заливах.

Наибольшее разнообразие наблюдается в озерах Виштынецкой группы, водохранилищах р. Лавы, Куршском заливе и в р. Неман. В остальных водоемах состав паразитофауны рыб беднее. Основу его во всех исследованных водоемах составляют паразиты с прямым циклом развития. Наибольшее видовое разнообразие отмечено нами также у микроспоридий и моногеней, далее по количеству видов следуют инфузории и трематоды.

Распределение паразитов по водоемам связано со степенью их трофности. Гидрологические и гидробиологические особенности Куршского залива способствуют развитию достаточно разнообразной паразитофауны рыб. Значительно беднее она в Вислинском заливе, и это объясняется особенностями ихтиофауны, гидрофауны водоема и наличием различных экологических ниш. В обоих водоемах найдено небольшое количество видов паразитов, имеющих морское происхождение.

Лимитирующим фактором в формировании паразитофауны рыб в заливе служат загрязнения его хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами. Некоторые паразиты с поверхности тела рыбы от неблагоприятных условий внешней среды переходят под защиту организма хозяина, меняя место локализации (в ротовую полость, носовые ямки, жабры). Наши исследования показывают, что паразитологическую ситуацию в водоемах Калининградской области необходимо постоянно контролировать, осуществляя ее мониторинг.

паразитофауна, паразит, инвазия, экстенсивность, интенсивность, моногенеи, трематоды, цестоды, паразитические ракообразные, гельминтофауна

The paper presents long-term studies of fish parasitofauna from the water bodies of the Kaliningrad region. Twenty nine (29) fish species from different types of water bodies (lakes, reservoirs, rivers, bays) have been studied, 305 species of fish parasites have been found. Distribution of parasites in the host fish and water reservoirs of the region is shown. Studies of fish parasitofauna began with the study of fish parasitofauna of Lake Vištytis and the adjacent lakes: Marinovo, Ostrovnnoye, Lesnoye, Borovikovo. Composition of the fish parasite fauna was studied in two reservoirs on the Lava river. Also, the study of fish parasitofauna in the Pregolya and Prokhladnaya rivers, in the Curonian and Vistula bays, in the Neman and Sheshupe rivers was conducted.

The most diverse fish parasitofauna is in Vištytis lakes, reservoirs of the Lava river, the Curonian lagoon and the Neman river. In other reservoirs of the study presented, composition of fish parasitofauna is poorer. The basis of fish parasitofauna in all the studied reservoirs is parasites with direct development cycle. Myxosporidia and monogeneans showed the greatest species diversity. Infusorians and trematodes are further on the diversity scale (number of species).

Distribution of parasites in water bodies is related to the degree of their trophicity. Hydrological and hydrobiological features of the Curonian lagoon contribute to the development of fairly diverse fish parasitofauna. The much poorer fish parasitofauna of the Vistula Lagoon comes from the ichthyofauna features, reservoir hydrofauna features and the presence of various ecological niches. In both reservoirs, a small number of parasite species of marine origin has been found.

A limiting factor in formation of fish parasitofauna in the lagoon is its pollution by sewage household and industrial wastewater. Some fish parasites that usually locate on the surface of fish body start experiencing unfavorable environmental conditions and relocate into the mouth, nasal fossa, into the gills, thus seeking protection from the host organism. The research shows that the parasitological situation in the reservoirs of the Kaliningrad region must be constantly monitored.

parasitofauna, parasite, invasion, extensity, intensity, monogenea, trematodes, cestodes, parasitic crustaceans, helminthofauna

ВВЕДЕНИЕ

Исследования в водоемах Калининградской области проводятся сотрудниками лаборатории ихтиопатологии Калининградского государственного технического университета с начала 80-х гг. прошлого столетия. Работа началась с изучения паразитофауны рыб Виштынецкого озера и прилегающих к нему оз. Мариново, Островное, Лесное, Боровиково [1]. Практически одновременно изучался состав фауны паразитов рыб в двух водохранилищах на р. Лаве в окрестностях г. Правдинска. Далее подобные работы проводились на р. Преголе, Прохладной, Вислинском заливе (в его Калининградской акватории), частично на Куршском заливе и р. Неман и Шешупе [2-16].

Многолетние исследования ведутся по изучению динамики паразитофауны карпа на учебно-опытном хозяйстве университета, расположенном в бассейне р. Преголи, и на форелевом хозяйстве, функционирующем на побережье Вислинского залива [4, 17].

МЕТОДЫ

Работы проводились методом полного паразитологического анализа рыб [18]. В отдельных случаях пользовались методом неполного паразитологического анализа.

Видовой состав исследованных нами рыб представлен в табл. 1.

Таблица 1. Виды рыб, исследованных в водоемах Калининградской области
Table 1. Types of fish studied in the water bodies of the Kaliningrad region

№ п/п	Вид рыбы	Водоем						
		Вишты- нецкая группа озер	Водохра- нилища р. Лавы	Река Прего- ля	Река Прохлад- ная	Вислин- ский залив	Курш- ский залив	Река Неман
Семейство Миноговые - Petromyzontidae								
1	Минога речная- <i>Lamperta fluviatilis</i> (L.)	+	-	-	-	-	-	-
Семейство Сельдевые - Clupeidae								
2	Салака - <i>Clupea harengus membras</i> L.	-	-	-	-	+	-	-
Семейство Лососевые - Salmonidae								
3	Радужная форель - <i>Salmo trutta</i> L.	-	-	-	-	+	-	-
Семейство Сиговые - Coregonidae								
4	Ряпушка - <i>Coregonus albula</i> (L.)	+	-	-	-	-	-	-
5	Сиг озерный - <i>Coregonus lavaretus lavaretus</i> (L.)	+	-	-	-	-	-	-
Семейство Корюшковые - Osmeridae								
6	Корюшка - <i>Osmerus eperlanus eperlanus</i> (L.)	-	-	-	-	+	+	-
7	Снеток - <i>Osmerus eperlanus eperlanus morpha spirinchus</i> (L.)	-	-	-	-	+	+	-
Семейство Речные угри - Anguillidae								
8	Угорь - <i>Anguilla anguilla</i> (L.)	-	-	-	-	+	-	-
Семейство Щуковые - Esocidae								
9	Щука - <i>Esox lucius</i> (L.)	+	+	+	+	+	-	-

Продолжение табл. 1

№ п/п	Вид рыбы	Водоем						
		Вишты- нецкая группа озер	Водохра- нилища р. Лавы	Река Прего- ля	Река Прохлад- ная	Вислин- ский залив	Курш- ский залив	Река Неман
Семейство Карповые - Cyprinidae								
10	Плотва - <i>Rutilus rutilus</i> (L.)	+	+	+	+	+	+	*
11	Красноперка - <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L.)	+	*	+	+	+	-	-
12	Линь - <i>Tinca tinca</i> (L.)	+	*	+	-	-	-	-
13	Карп - <i>Cyprinus carpio</i> L.	+	-	-	-	-	-	-
14	Пескарь - <i>Gobio gobio</i> (L.)	+	+	-	-	*	-	-
15	Елец - <i>Leuciscus leuciscus</i> (L.)	*	-	-	-	*	-	-
16	Карась - <i>Carassius carassius</i> (L.)	+	-	-	-	*	-	-
17	Лещ - <i>Abramis brama</i> (L.)	*	+	*	*	+	+	*
18	Жерех - <i>Aspius aspius</i> (L.)	-	-	-	-	*	-	-
19	Рыбец - <i>Vimba vimba vimba</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	+
20	Уклея - <i>Alburnus alburnus</i> (L.)	+	+	*	+	-	-	*
21	Густера - <i>Blicca bjoerkna</i> (L.)	+	+	+	+	+	-	-
Семейство Вьюновые - Gobitidae								
22	Щиповка - <i>Gobitis taenia</i> L.	+	-	-	-	-	-	-
Семейство Налимовые - Lotidae								
23	Налим - <i>Lota lota</i> (L.)	+	-	-	*	+	-	-
Семейство Колюшковые - Gasterosteidae								
24	Трехиглая колюшка - <i>Gasterosteus aculeatus</i> L.	-	-	+	-	*	-	-

Окончание табл. 1

№ п/п	Вид рыбы	Водоем						
		Виштынецкая группа озер	Водохранилища р. Лавы	Река Преголя	Река Прохладная	Вислинский залив	Куршский залив	Река Неман
Семейство Окуневые - Percidae								
25	Окунь - <i>Perca fluviatilis</i> L.	+	+	+	+	+	-	*
26	Ерш - <i>Gymnocephalus cernuus</i> (L.)	+	+	+	-	+	-	-
27	Судак - <i>Stizostedion lucioperca</i> (L.)	+	+	-	-	+	-	-
Семейство Рогатковые - Cottidae								
28	Бычок-подкаменщик – <i>Cottus gobio</i> L.	+	-	-	-	*	-	-
Семейство Камбаловые - Peuronectidae								
29	Камбала речная - <i>Platichthys flesus trachurus</i> Duncker	-	-	-	-	+	-	-
	Всего 29 видов	25	12	9	8	19	6	5

«+» - обозначены виды рыб, подвергнутые полному паразитологическому анализу, «*» - виды рыб, исследованные методом неполного паразитологического вскрытия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У рыб в водоемах Калининградской области найдено 305 видов паразитов. По каждому виду показано распределение по хозяевам-рыбам и водоемам, а также определена опасность отдельных видов для рыб в естественных водоемах, в хозяйствах аквакультуры и для человека (табл. 2).

Таблица 2. Паразиты рыб, найденные в водоемах Калининградской области
Table 2. Fish parasites found in the water bodies of the Kaliningrad region

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
1	<i>Tyranosoma carassii</i> (Mitrophanov, 1883)		Плотва, красноперка, линь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
2	<i>Tyranosoma acerinae</i> Brumpt, 1906		Ерш	Водохранилища р. Лавы

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
3	<i>Trypanosoma percae</i> Brumpt, 1906		Окунь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
4	<i>Trypanosoma lottae</i> Smirnova, 1970		Налим	Озера Виштынецкой группы
5	<i>Cryptobia cyprini</i> (Plehn, 1903)		Щука, щиповка	Озера Виштынецкой группы
6	<i>Costia necatrix</i> (Henneguy, 1884)	В хозяйствах аквакультуры	Карп	Река Преголя
7	<i>Eimeria metschnikovi</i> (Laveran, 1897)		Пескарь	Водохранилища р. Лавы
8	<i>Eimeria sardinae</i> (Thelohan, 1890)	В естественных водоемах	Салака	Куршский залив
9	<i>Eimeria percae</i> (Riviere, 1914)		Окунь	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
10	<i>Eimeria clupearum</i> (Thelohan, 1894) Doflein, 1909		Снеток	Устье р. Неман
11	<i>Glugea anomala</i> (Moniez, 1887) Gurley, 1893		Трехиглая колюшка, бычок-подкаменщик	Куршский залив
12	<i>Glugea stephani</i> Hagenmüller, 1899		Речная камбала	Вислинский залив, Куршский залив
13	<i>Glugea hertwigi</i> Weissenberg, 1921	В естественных водоемах	Корюшка	Куршский залив
14	<i>Pleistophora acerinae</i> Vaney et Conte, 1901		Ерш	Озера Виштынецкой группы, Вислинский залив
15	<i>Myxidium rhodei</i> Leger, 1905		Плотва, лещ, красноперка, жерех, линь и другие карповые рыбы	Озера Виштынецкой группы, р. Преголя, водохранилища р. Лавы, р. Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив
16	<i>Myxidium pfeifferi</i> Auerbach, 1908		Плотва, рыбец, окунь, укля, карась, красноперка, густера и другие рыбы	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
17	<i>Myxidium macrocapsulare</i> Auerbach, 1910		Плотва	Озера Виштынецкой группы
18	<i>Myxidium giardi</i> Ceredo, 1906		Угорь	Вислинский залив, Куршский залив
19	<i>Myxidium lieberkuehni</i> Butschli, 1882		Щука	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив, Куршский залив
20	<i>Myxidium barbatulae</i> Ceredo, 1908		Щиповка	Озера Виштынецкой группы
21	<i>Zchokkella costata</i> Kaschkowsky, 1965		Плотва	Озера Виштынецкой группы
22	<i>Zchokkella nova</i> Klokacewa, 1914		Плотва, лещ, пескарь, язь, бычок-подкаменщик, окунь, линь, карась, красноперка, укля, густера, рыбец, голавль, чехонь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив
23	<i>Sphaerospora caudata</i> (Parisi, 1910)		Атлантическая финта	Куршский залив
24	<i>Sphaerospora cristata</i> Schulman, 1962		Налим	Озера Виштынецкой группы
25	<i>Sphaerospora galinae</i> Evlanov, 1981		Линь	Озера Виштынецкой группы
26	<i>Sphaerospora elegans</i> Thelohan, 1892		Трехиглая колюшка, речная камбала	Куршский залив
27	<i>Chloromyxum fluviatile</i> Thelohan, 1892		Плотва, линь, красноперка, густера, карась, чехонь	Озера Виштынецкой группы, Куршского залива.
28	<i>Chloromyxum legeri</i> Touraine, 1931		Плотва, укля, рыбец	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
29	<i>Chloromyxum dubium</i> Auerbach, 1908		Налим	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
30	<i>Chloromyxum nanum</i> Achmerov, 1960		Налим	Куршский залив
31	<i>Chloromyxum kovaljova</i> Evlanov, 1981		Налим	Озера Виштынецкой группы
32	<i>Chloromyxum cristatum</i> Leger, 1906		Уклея, линь	Куршский залив
33	<i>Chloromyxum mucronatum</i> Gurley, 1893		Налим	Куршский залив
34	<i>Caudomyxum nanum</i> Bauer, 1948		Налим	Куршский залив
35	<i>Myxobilatus legeri</i> Cepede, 1905		Плотва, красноперка	Озера Виштынецкой группы
36	<i>Myxobilatus gobii</i> Evlanov, 1981		Пескарь	Озера Виштынецкой группы
37	<i>Myxobilatus gasterostei</i> (Parisi, 1912)		Трехиглая колюшка	Куршский залив
38	<i>Myxosoma anurum</i> (Cohn, 1895)		Щука, лещ, плотва, красноперка, окунь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив, Куршский залив
39	<i>Myxosoma multiplicatum</i> (Reuss, 1906)		Плотва	Куршский залив
40	<i>Myxosoma dujardini</i> Thelohan, 1899		Плотва, красноперка	Вислинский залив, Куршский залив
41	<i>Myxobolus pseudodispar</i> Gorbunova, 1936		Плотва, елец, густера, язь, красноперка, лещ, жерех, окунь, карась, уклея, голавль, пескарь	Все исследуемые водоемы, озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Прохладная, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
42	<i>Myxobolus diversicapsularis</i> Sluchai in: Schulman, 1966		Плотва, густера	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Прохладная

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
43	<i>Mухоболus dispar</i> Thelohan, 1895		Плотва, лещ, красноперка, густера, судак, рыбец, окунь, другие карповые рыбы	Озера Виштынецкой группы, р. Преголя, р. Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив
44	<i>Mухоболus macrocapsularis</i> Reuss, 1906		Пескарь, лещ, елец, плотва, густера, красноперка, жерех, угорь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив, р. Прохладная
45	<i>Mухоболus carassii</i> Klokaceva, 1914		Плотва, линь, карась, окунь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив
46	<i>Mухоболus subepitelialis</i> Weiser, 1949		Пескарь	Озера Виштынецкой группы
47	<i>Mухоболus exiguus</i> Thelohan, 1895		Пескарь	Озера Виштынецкой группы
48	<i>Mухоболus bramae</i> Reuss, 1906		Плотва, лещ, уклея, густера, красноперка, другие карповые рыбы	Все исследуемые водоемы, озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы. Вислинский залив, Куршский залив
49	<i>Mухоболus bliccae</i> Donec et Tozyjakova, 1984		Густера, красноперка	Все исследуемые водоемы, кроме Куршского залива, р. Прохладная, р. Преголя, Вислинский залив
50	<i>Mухоболus muelleri</i> Butschli, 1882		Плотва, линь, пескарь, лещ, уклея, густера, рыбец, красноперка, налим	Все исследуемые водоемы, озера Виштынецкой группы, р. Прохладная, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
51	<i>Mухobolus nemachili</i> Weiser, 1945		Пескарь, красноперка, плотва, укляя	Озера Виштынецкой группы, р. Преголя
52	<i>Mухobolus obesus</i> Cjurley, 1893		Плотва	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
53	<i>Mухobolus elegans</i> Kaschkovsky in: Schulman, 1966		Ерш, елец, лещ, плотва	Озера Виштынецкой группы, р. Преголя, Вислинский залив
54	<i>Mухobolus musculi</i> Keysselitz, 1908		Укляя, пескарь, елец, жерех, лещ, густера	Все исследуемые водоемы, кроме Куршского залива, озера Виштынецкой группы, р. Преголя, р. Прохладная, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив
55	<i>Mухobolus gigas</i> Aeurbach, 1906		Лещ, густера, линь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
56	<i>Mухobolus cyprini</i> Doflein, 1898		Плотва, красноперка, карась	Озера Виштынецкой группы
57	<i>Mухobolus strelkovi</i> Kostarew et Kulemina, 1971		Укляя	Виштынецкое озеро
58	<i>Mухobolus rotundus</i> Nemeczec, 1911		Плотва, укляя, лещ	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
59	<i>Mухobolus schulmani</i> Donec, 1962		Густера	Водоохранилища р. Лавы
60	<i>Mухobolus rutili</i> Donec et Tozyjakova, 1984		Плотва, красноперка	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Прохладная, Вислинский залив
61	<i>Mухobolus minutus</i> Nemeczec, 1911		Елец	Озеро Виштынецкое

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
62	<i>Mухobolus intimus</i> Zaika, 1965		Пескарь	Водохранилища р. Лавы
63	<i>Mухobolus guyenoti</i> Naville, 1928		Окунь, бычок-подкаменщик	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
64	<i>Mухobolus oviformis</i> Thelohan, 1882		Пескарь, густера, язь, рыбец, усач, горчак, лещ	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив, Куршский залив
65	<i>Mухobolus muelleriformis</i> Donec et Tozyjakova, 1984		Налим, плотва, красноперка	Озера Виштынецкой группы, р. Преголя, Вислинский залив
66	<i>Mухobolus evdokimovae</i> Evlanov, 1981		Ряпушка	Озеро Виштынецкое
67	<i>Mухobolus dogieli</i> I. et B. Bychowsky, 1940		Карась, лещ, густера	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Прохладная
68	<i>Mухobolus ellipsoides</i> Thelohan, 1892		Линь, карась, 14 видов карповых рыб, окунь, ерш	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
69	<i>Mухobolus improvisus</i> Isjumova in: Schulman, 1966		Плотва	Река Преголя
70	<i>Mухobolus karelicus</i> Petruschewsky, 1940		Окунь	Река Преголя
71	<i>Mухobolus cycloides</i> Gurley, 1894		Плотва, красноперка, рыбец, горчак, густера, уклея, жерех	Куршский залив
72	<i>Mухobolus magnus</i> Awerinzew, 1913		Ерш	Куршский залив
73	<i>Mухobolus nemeczeki</i> Schulman, 1962		Елец, жерех, язь	Куршский залив
74	<i>Mухobolus permagnus</i> Wegener, 1910		Окунь	Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
75	<i>Mухobolus pfeifferi</i> Thelohan, 1895		Усач, карась	Куршский залив
76	<i>Mухobolus sandrae</i> Reuss, 1906		Судак	Куршский залив
77	<i>Henneguya zschokkei</i> (Gurley, 1894)	В естественных водоемах	Щука, ряпушка, колюшка	Озеро Виштынецкое, Калининградский залив, р. Преголя
78	<i>Henneguya cutanea</i> Dogiel et Petruschewsky, 1933		Елец	Озеро Виштынецкое
79	<i>Henneguya lobosa</i> (Cohn, 1895)		Щука, окунь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, Куршский залив
80	<i>Henneguya creplini</i> (Gurley, 1894)		Судак, ерш, окунь	Все исследуемые водоемы, кроме водохранилищ р. Лавы
81	<i>Henneguya psorospermica</i> Thelohan, 1895		Щука, окунь	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив, водохранилища р. Лавы
82	<i>Henneguya oviperda</i> (Cohn, 1895)		Щука	Водоохранилища р. Лавы, Вислинский залив, Куршский залив
83	<i>Henneguya schizura</i> (Gurley, 1893)		Щука	Озера Виштынецкой группы
84	<i>Thelohanellus pyrifomis</i> Thelohan, 1892		Щиповка, плотва, елец, карась, линь, жерех, речная камбала	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив
85	<i>Thelohanellus oculi-leucisci</i> Trojan, 1909		Плотва, окунь	Озера Виштынецкой группы
86	<i>Thelohanellus fuhrmanni</i> Aeurbach, 1909		Голец	Куршский залив
87	<i>Chilodonella piscicola</i> (Zacharias, 1894) Jankowski, 1980	В хозяйствах аквакультуры	Плотва, лещ, пескарь, ерш, карась, щука, густера, укля, окунь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
88	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i> Fouguet, 1876	В хозяйствах аквакультуры	У многих видов рыб	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив
89	<i>Capriniana piscium</i> (Bütschli, 1889) Jankowski, 1973		Сиг, окунь	Озера Виштынецкой группы
90	<i>Scyphidia schulmani</i> Evlanov, 1981		Ерш	Водоохранилища р. Лавы
91	<i>Epistylis lwoffii</i> Faure-Fremiet, 1943		Окунь, бычок-подкаменщик, плотва	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
92	<i>Apiosoma carpelli</i> Banina, 1968		Елец	Озеро Виштынецкое
93	<i>Apiosoma piscicolum</i> Blanchard, 1885, <i>typica</i>		Плотва, карась, жерех, красноперка, густера	Озера Виштынецкой группы, водохранилища реки Лавы
94	<i>Apiosoma gasterostei</i> (Faure-Fremiet, 1905)		Окунь, колюшка	Водоохранилища р. Лавы, р. Преголя
95	<i>Apiosoma minimicronucleatum</i> Banina, 1968		Окунь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
96	<i>Apiosoma campanulatum</i> (Timofeev, 1962) <i>typical</i>		Ерш, окунь, густера	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
97	<i>Apiosoma baueri</i> (Kashkowski, 1965)		Окунь, ерш, щука	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
98	<i>Apiosoma poteriforme</i> (Timofeev, 1962)		Окунь	Озеро Виштынецкое
99	<i>Apiosoma megamicronucleatum</i> (Timofeev, 1962)		Щука, налим	Озеро Виштынецкое
100	<i>Apiosoma campanulatum</i> var. <i>esoci</i> Scheubel, 1973		Щука	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
101	<i>Apiosoma piscicolum</i> ssp. <i>perci</i> Chernyshewa, 1976		Жерех	Водоохранилища р. Лавы

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
102	<i>Apiosoma schulmani</i> (Kashkowski, 1965)		Налим, бычок-подкаменщик	Озеро Виштынецкое
103	<i>Apiosoma conicum</i> (Timofeev, 1962)		Бычок-подкаменщик	Озеро Виштынецкое
104	<i>Apiosoma tincae</i> Evlanov, 1981		Линь	Озера Виштынецкой группы
105	<i>Apiosoma gussevi</i> Evlanov, 1981		Налим	Озеро Виштынецкое
106	<i>Trichodina gaevskaya</i> Evlanov, 1981		Жерех	Водохранилища р. Лавы
107	<i>Trichodina jadratica</i> Raabe, 1958		Пескарь, трехиглая колюшка, судак, камбала	Озера Виштынецкой группы, р. Преголя, Вислинский залив
108	<i>Trichodina rectangli</i> Chen et Hsien, 1964		Плотва, укля, щука, карась, густера, жерех, красноперка, пескарь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
109	<i>Trichodina mutabilis</i> Kazubski et Migala, 1968		Елец, бычок-подкаменщик, линь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
110	<i>Trichodina polycirra</i> Lom, 1960		Плотва, густера	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
111	<i>Trichodina nigra</i> Lom, 1960	В хозяйствах аквакультуры	Плотва, ерш, красноперка, рыбец, лещ, линь, укля, пескарь, карась, окунь,	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив
112	<i>Trichodina fultoni</i> Davis, 1947		Рыбец, линь	Куршский залив
113	<i>Trichodina modesta</i> Lom, 1970		Рыбец	Куршский залив
114	<i>Trichodina rostrata</i> Kulemina, 1968		Плотва	Водохранилища р. Лавы
115	<i>Trichodina nemachili</i> Lom, 1960		Линь	Озеро Виштынецкое

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
116	<i>Trichodina nigra</i> subsp. <i>gobii</i> Lom, 1960		Пескарь	Озеро Виштынецкое
117	<i>Trichodina esocis</i> Lom, 1960		Окунь, щука, ерш	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
118	<i>Trichodina pediculus</i> Ehreuberg, 1838		Ручьевая минога, бычок-подкаменщик	Озеро Виштынецкое
119	<i>Trichodina spatulata</i> Kulemina, 1968		Лещ	Водоохранилища р. Лавы
120	<i>Trichodina urinaria</i> Dogiel, 1940		Окунь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, р. Прохладная
121	<i>Trichodina acuta</i> Lom, 1961		Окунь, линь, судак	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
122	<i>Trichodina reticulata</i> Hirschmann et Partsch, 1955		Карась	Озера Виштынецкой группы
123	<i>Trichodina intermedia</i> Lom, 1960	В хозяйствах аквакультуры	Карп	Река Преголя
124	<i>Paratrichodina incisa</i> (Lom, 1959)		Плотва, елец, густера, колюшка, судак	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, Вислинский залив
125	<i>Paratrichodina alburni</i> (Vojtek, 1957)		Уклея	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
126	<i>Tripartiella copiosa</i> (Lom, 1959)		Пескарь, налим, рыбец	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
127	<i>Trichodinella epizootica</i> (Raabe, 1950)		Щука, ерш, ручьевая минога, лещ, бычок-подкаменщик, рыбец, линь, окунь, карась, налим, форель	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив
128	<i>Trichodinella lotae</i> (Chan, 1961)		Налим	Озеро Виштынецкое
129	<i>Trichodinella percarum</i> (Dogiel, 1940)		Окунь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
130	<i>Trichodinella subtilis</i> Lom, 1959		Налим	Куршский залив
131	<i>Dermocystidium percae</i> Reichenbach-Klinke, 1950		Окунь, ерш, судак	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
132	<i>Sporozoon petrushevskii</i> sp.n. Evlanov, 1981		Минога	Озеро Виштынецкое
133	<i>Dactylogyrus caballeroi</i> Prost, 1960		Плотва	Озеро Виштынецкое
134	<i>Dactylogyrus amphibothrium</i> Wagener, 1857		Ерш	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив
135	<i>Dactylogyrus alatus</i> Linstow, 1878, f. <i>typica</i>		Уклея, густера	Озера Виштынецкой группы, р. Прохладная, Куршский залив
136	<i>Dactylogyrus cordus</i> Nybelin, 1937		Елец	Озеро Виштынецкое
137	<i>Dactylogyrus anchoratus</i> (Dujardin, 1845)		Карась, карп	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
138	<i>Dactylogyrus formosus</i> Kulwiec, 1927		Карась	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
139	<i>Dactylogyrus cornu</i> Linstow, 1878		Рыбец, густера, плотва, подуст	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив, р. Прохладная
140	<i>Dactylogyrus bicornis</i> Malewzkaja, 1941		Горчак	Куршский залив
141	<i>Dactylogyrus cornoides</i> Gläser et Gussev, 1971		Рыбец, густера	Куршский залив
142	<i>Dactylogyrus difformoides</i> Gläser et Gussev, 1971		Красноперка	Куршский залив
143	<i>Dactylogyrus difformis</i> Wagener, 1857		Красноперка	Все исследуемые водоемы
144	<i>Dactylogyrus crucifer</i> Wagener, 1857		Плотва	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Прохладная, Куршский залив
145	<i>Dactylogyrus distinguendus</i> Nybelin, 1937		Рыбец, густера	Куршский залив
146	<i>Dactylogyrus micracanthus</i> Nybelin, 1937		Плотва, красноперка	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
147	<i>Dactylogyrus tincae</i> Gussev, 1965		Линь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив
148	<i>Dactylogyrus dulkeiti</i> Bychowsky, 1936		Карась	Куршский залив
149	<i>Dactylogyrus nanus</i> Dogiel et Bychowsky, 1934		Плотва, лещ, густера, голавль	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив, Куршский залив
150	<i>Dactylogyrus sphyrna</i> Linstow, 1878		Рыбец, укля, густера, лещ, красноперка, плотва, пескарь	Все исследуемые водоемы

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
151	<i>Dactylogyrus fraternus</i> Wegener, 1910		Уклея	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив, водохранилища р. Лавы
152	<i>Dactylogyrus tuba</i> Linstow, 1878		Жерех, язь, елец	Водоохранилища р. Лавы, Куршский залив
153	<i>Dactylogyrus minor</i> Wagener, 1857		Уклея	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив, водохранилища р. Лавы
154	<i>Dactylogyrus robustus</i> Malewzkaja, 1941		Язь	Куршский залив
155	<i>Dactylogyrus intermedius</i> Wegener, 1910		Карась	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
156	<i>Dactylogyrus vistulae</i> Prost, 1957		Плотва	Озера Виштынецкой группы
157	<i>Dactylogyrus suecicus</i> Nybelin, 1937		Плотва	Куршский залив
158	<i>Dactylogyrus vastator</i> Nybelin, 1924	В хозяйствах аквакультуры	Карп, карась	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив, водохранилища р. Лавы
159	<i>Dactylogyrus similes</i> (Wegener, 1909)		Густера, чехонь	Река Прохладная, Куршский залив
160	<i>Dactylogyrus auriculatus</i> (Nordmann, 1832)		Лещ	Водоохранилища р. Лавы, р. Преголя, Куршский залив
161	<i>Dactylogyrus fallax</i> Wagener, 1857		Плотва, густера, краснопёрка, голавль	Водоохранилища р. Лавы, р. Прохладная, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
162	<i>Dactylogyrus parvus</i> Wegener, 1910		Уклея, быстрянка, голавль	Куршский залив
163	<i>Dactylogyrus extensus</i> Mueller et Van Cleave, 1932	В хозяйствах аквакультуры	Плотва, лещ, красноперка, карп, густера	Река Преголя, Вислинский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
164	<i>Dactylogyrus falcatus</i> (Wedl, 1857)		Густера, лещ	Река Прохладная, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
165	<i>Dactylogyrus wunderi</i> Bychowsky, 1931		Густера, плотва, карась, лещ	Водохранилища р. Лавы, р. Прохладная, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
166	<i>Dactylogyrus wegneri</i> Kulwiec, 1927		Карась	Куршский залив
167	<i>Dactylogyrus zandti</i> Bychowsky, 1933		Лещ	Водохранилища р. Лавы, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
168	<i>Dactylogyrus macracanthus</i> Wegener, 1910		Линь	Куршский залив
169	<i>Dactylogyrus ramulosus</i> Malewzkaja, 1941		Язь	Куршский залив
170	<i>Dactylogyrus rarissimus</i> Gussev, 1966		Плотва	Куршский залив
171	<i>Dactylogyrus simplicimalleata</i> Bychowsky, 1931		Густера, плотва	Куршский залив
172	<i>Ancyrocephalus paradoxus</i> Creplin, 1839		Судак	Вислинский залив, Куршский залив
173	<i>Ancyrocephalus percae</i> Ergens, 1966		Окунь	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
174	<i>Tetraonchus momenteron</i> (Wegener, 1857)		Щука	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
175	<i>Gyrodactylus gobii</i> Schulman, 1953		Пескарь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
176	<i>Gyrodactylus lucii</i> Kulakowskaja, 1951		Щука	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
177	<i>Gyrodactylus latus</i> Bychowsky, 1933		Щиповка	Озера Виштынецкой группы
178	<i>Gyrodactylus longiradix</i> Malmberg, 1957		Окунь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
179	<i>Gyrodactylus carassii</i> Malmberg, 1957		Уклея, плотва	Озера Виштынецкой группы, р. Прохладная, водохранилища р. Лавы
180	<i>Gyrodactylus lotae</i> Gussev, 1953		Налим	Озера Виштынецкой группы, р. Прохладная
181	<i>Gyrodactylus magnificus</i> Malmberg, 1957		Гольян	Река Прохладная
182	<i>Gyrodactylus arcuatus</i> Bychowsky, 1933		Девятииглая и трехиглая колюшка	Куршский залив
183	<i>Gyrodactylus elegans</i> Nordmann, 1832		Густера, рыбец, лещ	Куршский залив
184	<i>Gyrodactylus prostaе</i> Ergens, 1963		Лещ, рыбец, густера, язь, уклея, плотва	Куршский залив
185	<i>Gyrodactylus rarus</i> Wegener, 1910		Трехиглая колюшка, радужная форель	Куршский залив
186	<i>Gyrodactylus vimbi</i> Schulman, 1953		Рыбец, лещ, язь	Куршский залив, р. Неман
187	<i>Gyrodactylus cernuae</i> Malmberg, 1957		Ерш	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
188	<i>Paradiplozoon bliccae</i> (Reichenbach – Klinke, 1961)		Густера, лещ, рыбец, красноперка	Все исследуемые водоемы
189	<i>Paradiplozoon homoion homoion</i> (Bychowsky et Nagibina, 1959)		Пескарь, плотва, лещ, густера, язь, красноперка	Все исследуемые водоемы

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
190	<i>Paradiplozoon gracile</i> (Reichenbach – Klinke, 1961)		Пескарь	Озеро Виштынецкое, водохранилища р. Лавы
191	<i>Paradiplozoon alburni</i> Khotenovsky, 1982		Уклея	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
192	<i>Paradiplozoon rutili</i> (Glaser, 1967)		Плотва	Водоохранилища р. Лавы, р. Преголя, Вислинский залив
193	<i>Paradiplozoon megan</i> (Bychowsky et Nagibina, 1959)		Язь	Куршский залив
194	<i>Paradiplozoon pavlovskii</i> (Bychowsky et Nagibina, 1959)		Жерех	Водоохранилища р. Лавы, Куршский залив
195	<i>Diplozoon paradoxum</i> Nordmann, 1832	В естественных водоемах и хозяйствах аквакультуры	Елец, лещ, окунь, угорь, густера, плотва	Все исследуемые водоемы
196	<i>Diplozoon scardinii</i> Komarova, 1966		Красноперка	Вислинский залив, Куршский залив
197	<i>Eudiplozoon nipponicum</i> (Goto, 1891)		Сазан, карп	Куршский залив
198	<i>Caryophyllaeus laticeps</i> (Pallas, 1781)	В хозяйствах аквакультуры	Густера, язь, лещ, карась, карп, рыбец, линь, елец	Все исследуемые водоемы
199	<i>Caryophyllaeus fimbriceps</i> Annenkova – Chlopina, 1919		Лещ	Вислинский залив
200	<i>Caryophyllaeus fennica</i> (Schneider, 1902)		Плотва	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
201	<i>Caryophyllaeus brachyocollis</i> Janiszewska, 1951		Лещ	Вислинский залив
202	<i>Khawia sinensis</i> Hsú, 1935	В хозяйствах аквакультуры	Карп	Водоохранилища р. Лавы, р. Преголя
203	<i>Khawia baltica</i> Szidat, 1942		Линь, лещ	Озера Виштынецкой группы, Вислинский залив, водохранилища р. Лавы

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
204	<i>Khawia rossittensis</i> (Szidat, 1937)		Карась	Озера Виштынецкой группы
205	<i>Biacetabulum appendiculatum</i> (Szidat, 1937)		Елец, лещ	Куршский залив
206	<i>Triaenophorus nodulosus</i> (Pallas, 1781)	В естественных водоемах и хозяйствах аквакультуры	Окунь, ерш, щука, налим, форель, хариус	Все исследуемые водоемы
207	<i>Eubothrium crassum</i> (Bloch, 1779)		Речная минога	Куршский залив
208	<i>Eubothrium rugosum</i> (Batch, 1786)		Налим	Река Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив
209	<i>Bothriocephalus claviceps</i> (Goeze, 1782)		Угорь	Куршский залив
210	<i>Bothriocephalus scorpii</i> (Mueller, 1776)		Угорь	Куршский залив
211	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	В хозяйствах аквакультуры	Карп	Водохранилища реки Лавы, р. Преголя
212	<i>Diphyllobothrium latum</i> (Linnaeus, 1758)	Опасен для человека	Щука, налим, окунь, ерш, угорь	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
213	<i>Diphyllobothrium dendriticum</i> (Nitzsch, 1824) (syn. <i>D. norvegicum</i>)	Опасен для человека	Ряпушка, корюшка, речная минога	Куршский залив
214	<i>Ligula intestinalis</i> (Linnaeus, 1758)	В естественных водоемах	Плотва, елец, красноперка, густера, пескарь, лещ, чехонь	Озера Виштынецкой группы, р. Прохладная, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
215	<i>Ligula colymbi</i> Zeder, 1803		Щиповка	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
216	<i>Schistocephalus solidus</i> (Mueller, 1776)		Трехиглая колюшка	Куршский залив
217	<i>Proteocephalus torulosus</i> (Batsch, 1786)		Уклея, усач, плотва, жерех, рыбец, красноперка, быстрянка, язь, густера	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
218	<i>Proteocephalus cernuae</i> (Gmelin, 1790)		Окунь, ерш	Все исследуемые водоемы
219	<i>Proteocephalus macrocephalus</i> (Creplin, 1825)		Угорь, окунь	Вислинский залив, Куршский залив
220	<i>Proteocephalus esocis</i> (Schneider, 1905)		Щука	Куршский залив
221	<i>Proteocephalus filicollis</i> (Rudolphi, 1810)		Трехиглая колюшка	Куршский залив
222	<i>Proteocephalus percae</i> (Mueller, 1780)		Окунь, угорь, налим, ерш,	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
223	<i>Proteocephalus exiguus</i> La Rue, 1911	В естественных водоемах	Ряпушка	Озера Виштынецкой группы
224	<i>Proteocephalus longicollis</i> (Zeder, 1800)		Корюшка	Куршский залив
225	<i>Paradilepis scolecina</i> Rudolphi, 1819	В хозяйствах аквакультуры	Карп	Река Преголя
226	<i>Neogryporhynchus cheilancristrotus</i> Wedl, 1955		Густера, красноперка, линь, карась	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
227	<i>Gryporhynchus pusillus</i> Nordmann, 1832		Щиповка	Озера Виштынецкой группы
228	<i>Aspidogaster limacoides</i> Diesing, 1835		Красноперка	Озера Виштынецкой группы
229	<i>Rhipidocotyle campanula</i> Dujardin, 1845		Щука, окунь, налим, судак, ерш	Куршский залив, озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Прохладная
230	<i>Vucephalus polymorphus</i> Baer, 1827		Судак, окунь. Метациркарии у плотвы, густеры, уклей, леща, налима, ерша, у различных видов карповых рыб	Водоохранилища р. Лавы, Куршский залив
231	<i>Asymphylogora imitans</i> Muhling, 1898		Густера, лещ, укля, рыбец	Река Преголя, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
232	<i>Asymphylogora demeli</i> Markowski, 1935		Красноперка	Куршский залив
233	<i>Asymphylogora tincae</i> Modeer, 1790		Линь, плотва, красноперка	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
234	<i>Parasymphylogora markewitschi</i> (Kulakowskaja, 1947)		Плотва, красноперка, густера	Куршский залив
235	<i>Palaeorchis incognitus</i> Szidat, 1943		Плотва, елец, карась, лещ, густера, красноперка, голавль, язь	Куршский залив
236	<i>Palaeorchis unicus</i> Szidat, 1943		Густера	Куршский залив
237	<i>Bunodera luciopercae</i> (Mueller, 1776)		Плотва, окунь, судак, ерш, щука, налим	Озера Виштынецкой группы, р. Преголя, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив, Куршский залив
238	<i>Phyllodistomum elongatum</i> Nybelin, 1926		Рыбец, линь плотва, укляя, лещ, красноперка, карась, гус- тера, жерех, пескарь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив
239	<i>Phyllodistomum folium</i> (Olfers, 1926)		Щука, елец, красноперка	Куршский залив
240	<i>Phyllodistomum pseudofolium</i> Nybelin, 1926		Ерш, окунь	Водоохранилища р. Лавы
241	<i>Azygia lucii</i> (Mueller, 1776)		Судак, окунь, щука, угорь	Озера Виштынецкой группы, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
242	<i>Allocreadium isoporum</i> Looss, 1894		Щука, уклея, плотва, линь, пескарь, язь, лещ, карась, густера, жерех, елец, голавль	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
243	<i>Allocreadium transversale</i> (Rudolphi, 1802)		Щиповка	Озера Виштынецкой группы
244	<i>Nicolla skrjabini</i> (Jwanitzky, 1928)		Рыбец, лещ, елец, уклея, голавль, пескарь, жерех, усач, подуст, быстрянка, судак, чехонь, окунь, налим, ерш, щиповка	Куршский залив
245	<i>Sphaerostomum globiporum</i> (Rudolphi, 1802)		Плотва, уклея, густера, красноперка, окунь, щука	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
246	<i>Sphaerostomum bramae</i> (Muller, 1776)		Плотва, язь, красноперка, лещ, рыбец, густера, уклея, елец, щука, окунь	Куршский залив
247	<i>Plagioporus occidentalis</i> Szidat, 1944		Пескарь	Куршский залив
248	<i>Diplostomum helveticum</i> Dubois, 1929	В естественных водоемах	Бычок-подкаменщик, карась, рыбец, плотва, пескарь, окунь, щука, уклея, ерш, красноперка, густера, чир, лещ, пелядь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, р. Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив, все исследуемые водоемы

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
249	<i>Diplostomum paracaudum</i> Pes, 1959	В естественных водоемах	Пескарь, плотва, елец, окунь, щука, щиповка, жерех, лещ, рыбец, ерш	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, р. Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив
250	<i>Diplostomum spathaceum</i> (Rudolphi, 1819)	В естественных водоемах и хозяйствах аквакультуры	Бычок-подкаменщик, елец, плотва, красноперка, густера, лещ, щука, окунь, судак, камбала, форель, налим, уклея, колюшка	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, р. Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив, р. Неман
251	<i>Diplostomum commutatum</i> (Diesing, 1850)		Ерш, плотва, лещ, пелядь, красноперка, уклея, чир, рыбец, щука, окунь	Река Преголя, р. Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив
252	<i>Diplostomum petromyzifluviatilis</i> (Diesing, 1860)		Речная минога	Куршский залив
253	<i>Diplostomum volvens</i> Nordmann, 1832		Ерш, окунь, налим	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
254	<i>Tylodelphys clavata</i> (Nordmann, 1832)		Ерш, плотва, густера, красноперка, уклея, линь, рыбец, лещ, щука, окунь, карась	Река Преголя, озера Виштынецкой группы, р. Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив, р. Неман
255	<i>Posthodiplostomum cuticola</i> (Nordmann, 1832)	В естественных водоемах и хозяйствах аквакультуры	Плотва, лещ, густера, щиповка, окунь, красноперка и другие виды рыб	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, р. Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
256	<i>Posthodiplostomum brevicaudatum</i> (Nordmann, 1832)		Плотва, лещ, щука, окунь, язь, густера, голавль, карась, пескарь, колюшка	Куршский залив
257	<i>Ornithodiplostomum scardinii</i> (Schulman, 1952) Sudarikov et Kurotshkin, 1968		Плотва, верховка, красноперка	Куршский залив
258	<i>Ichthyocotylurus pileatus</i> (Rudolphi, 1802)		Судак, ерш, окунь, реже у карповых рыб	Озера Виштынецкой группы, Куршский залив
259	<i>Ichthyocotylurus platycephalus</i> (Creplin, 1825)		Рыбец, плотва, лещ, густера, язь и другие карповые рыбы, реже – ерш, окунь, щука	Куршский залив
260	<i>Ichthyocotylurus variegatus</i> (Creplin, 1825)		Судак, окунь, бычок-подкаменщик, реже – плотва, красноперка, лещ, густера	Куршский залив, озера Виштынецкой группы
261	<i>Paracoenogonimus ovatus</i> Katsurada, 1914		Плотва, верховка, густера, красноперка, лещ, рыбец, линь, уклея, щука, окунь и другие виды рыб	Куршский залив
262	<i>Opisthorchus felineus</i> (Ribolta, 1884)	Опасен для человека	Плотва, красноперка, голавль, язь, щиповка	Куршский залив
263	<i>Apophallus muelingi</i> (Jägerskiöld, 1898)		У различных карповых и окуневых рыб, щука	Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
264	<i>Hepaticola petruschewskii</i> Schulman, 1948		Трехиглая колюшка, пескарь, ерш угорь	Куршский залив
265	<i>Cystidicola farionis</i> Fischer, 1798		Форель, корюшка	Куршский залив
266	<i>Desmidocercella</i> sp., larva		Окунь, налим, линь	Озера Виштынецкой группы, Вислинский залив
267	<i>Camallanus lacustris</i> Zoega, 1776		Бычок-под- каменщик, лещ, щука, налим, сом, окунь, ерш, судак, гус- тера, жерех камбала, угорь	Все исследуемые водоемы
268	<i>Camallanus truncatus</i> (Rudolphi, 1814)		Судак, камбала	Куршский залив
269	<i>Camallanus rudolphi</i> L.		Лещ	Куршский залив
270	<i>Philometra ovata</i> (Zeder, 1803)		Жерех, лещ, плотва, гус- тера, окунь, красноперка,	Водохранилища р. Лавы, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
271	<i>Philometroides lusiana</i> (Vismanis, 1966)	В хозяйствах аквакультуры	Карп	Водохранилища р. Лавы, р. Преголя
272	<i>Cucullanus cirratus</i> Müller, 1777		Угорь	Вислинский залив
273	<i>Cucullanus truttae</i> Fabricius, 1794		Минога	Куршский залив
274	<i>Cucullanellus minutus</i> Rudolphi, 1819		Речная камбала	Вислинский залив, Куршский залив
275	<i>Haplonema hamulatum</i> Moulton, 1931		Налим	Озеро Виштынецкое, Куршский залив
276	<i>Anisakis</i> (larva)	В естествен- ных водоемах и опасен для человека	Салака	Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
277	<i>Raphidascaris acus</i> (Bloch, 1779)		Щука, окунь, судак, линь, плотва, елец, красноперка, щиповка, налим, рыбец, камбала, сом, густера, ерш, лещ, угорь,	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Вислинский залив, Куршский залив, р. Прохладная, р. Преголя
278	<i>Contracaecum microcephalum</i> (Rudolphi, 1819)		Ерш, окунь	Вислинский залив, Куршский залив
279	<i>Thynnascaris adunca</i> (Rudolphi, 1802)		Треска, корюшка, речная камбала, угорь	Куршский залив, Вислинский залив
280	<i>Angullicola crassum</i> Kiwahara, 1974	В естественных водоемах	Угорь	Вислинский залив, Куршский залив
281	<i>Neoechinorhynchus rutili</i> (Müller, 1780)		Плотва, усач, красноперка, колюшка, лещ, окунь, щука, уклея, угорь	Озера Виштынецкой группы, р. Прохладная, Куршский залив
282	<i>Corynosoma semerme</i> (Forssell, 1904)	В естественных водоемах	Корюшка	Куршский залив
283	<i>Pseudoechinorhynchus borealis</i> (Linstow, 1901)		Окунь, налим, лещ, щука, судак	Вислинский залив, Куршский залив
284	<i>Metechinorhynchus salmonis</i> Muller, 1780		Угорь, судак	Вислинский залив
285	<i>Acanthocephalus clavula</i> (Dujardin, 1845)		Бычок-подкаменщик, налим, сиг, линь, окунь, лещ	Озера Виштынецкой группы, Вислинский залив, р. Преголя, р. Прохладная
286	<i>Acanthocephalus anguillae</i> (Müller, 1780)		Окунь, линь, рыбец, лещ, красноперка, густера, язь, пескарь, карась, угорь	Река Прохладная, Вислинский залив, Куршский залив

Продолжение табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
287	<i>Acanthocephalus lucii</i> (Müller, 1776)		Бычок-подкаменщик, налим, сиг, линь, карась, ерш, окунь, щука, угорь, плотва, лещ, пескарь, сом, коллюшка	Озера Виштынецкой группы, Вислинский залив Куршский залив водохранилища р. Лавы, р. Прохладная, р. Преголя, все исследуемые водоемы
288	<i>Pomphorhynchus laevis</i> (Müller, 1776)		Окунь	Вислинский залив
289	<i>Piscicola geometra</i> (Linnaeus, 1761)		Плотва, карась, уклея, ряпушка, окунь, щука, густера и другие виды рыб	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, Вислинский залив, Куршский залив
290	<i>Caspiobdella fadejewi</i> (Erstein, 1961)		Лещ	Водоохранилища р. Лавы
291	<i>Unio</i> sp.		Бычок-подкаменщик, рыбец, щука, ряпушка, густера, уклея, плотва, ерш, окунь, линь, пескарь, лещ, красноперка	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, р. Прохладная, Куршский и Вислинский залив
292	<i>Anodonta</i> sp.		Рыбец, щука, плотва, пескарь, карась, уклея, окунь	Куршский залив
293	<i>Ergasilus briani</i> Markewitsch, 1932	В естественных водоемах и хозяйствах аквакультуры	Ряпушка, пескарь, красноперка, густера, сиг, карась, елец, плотва, лещ, уклея, линь	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы
294	<i>Ergasilus gibbus</i> Nordmann, 1832		Угорь	Вислинский и Куршский заливы

Окончание табл. 2

№ п/п	Вид паразита	Представляет опасность	Хозяин	Водоем
295	<i>Ergasilus sieboldi</i> Nordmann, 1832	В естественных водоемах и хозяйствах аквакультуры	Ерш, окунь, угорь, сиг, щука, рыбец, плотва, лещ, другие рыбы	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, р. Преголя, Вислинский и Куршский заливы
296	<i>Thersitina gasterostei</i> (Pagenstecher, 1861)		Трехиглая коллюшка	Куршский залив
297	<i>Lamproglena pulchella</i> Nordmann, 1832		Елец, жерех, голавль, красноперка,	Куршский залив
298	<i>Lernaea cyprinacea</i> Linnaeus, 1758	В естественных водоемах и хозяйствах аквакультуры	Карась	Куршский залив
299	<i>Lernaeocera branchialis</i> (Linne)		Камбала	Вислинский залив
300	<i>Caligus lacustris</i> Steenstrup et Lütken, 1861		Плотва, лещ, окунь, густера, судак, речная камбала, уклея, пескарь, линь, красноперка	Озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы, Куршский залив
301	<i>Salmincola lotae</i> (Olsson, 1877)		Налим	Куршский залив
302	<i>Achtheres percarum</i> Nordmann, 1832		Судак, окунь.	Вислинский и Куршский заливы
303	<i>Tracheliastes maculatus</i> Kollar, 1836		Лещ, судак	Куршский залив, водохранилища р. Лавы
304	<i>Argulus coregoni</i> Thorell, 1864	В естественных водоемах и хозяйствах аквакультуры	Рыбец, лещ, налим, лосось, пелядь	Куршский залив
305	<i>Argulus foliaceus</i> (Linnaeus, 1758)	В естественных водоемах и хозяйствах аквакультуры	Плотва, лещ, окунь, щука, красноперка, коллюшка, рыбец и другие виды рыб	Куршский залив, озера Виштынецкой группы, водохранилища р. Лавы

Распределение паразитов рыб по водоемам Калининградской области показывает, что наиболее богата паразитофауна рыб в озерах Виштынецкой группы, водохранилищах р. Лавы, Куршском заливе и р. Неман (табл. 3).

Таблица 3. Паразиты рыб в водоемах Калининградской области по систематическим группам

Table 3. Fish parasites in the water bodies of the Kaliningrad region sorted by systematic groups

№ п/п	Систематическая группа	Водоем						
		Виштынецкая группа озер	Водохранилища р. Лавы	Река Прохладная	Река Преголя	Вислинский залив	Куршский залив	Река Неман
1	Kinetoplastidae	4	3	1	-	-	-	4
2	Coccidiidae	1	1	-	-	1	2	1
3	Microsporidia	1	-	-	-	1	4	4
4	Myxosporea	49	27	17	12	18	36	30
5	Ciliophora	35	27	6	1	4	6	9
6	Protozoa incertae sedis	2	1	-	-	-	-	1
7	Monogenea	32	28	13	15	16	50	39
8	Cestoda	14	8	7	7	9	20	14
9	Trematoda	17	12	12	7	12	32	33
10	Nematoda	4	4	4	2	9	13	13
11	Acanthocephala	3	1	2	4	6	5	6
12	Hirudinea	1	2	1	-	1	1	3
13	Mollusca	1	1	1	1	1	2	2
14	Crustacea	4	4	1	-	4	10	11
Итого видов:		168	119	65	49	82	181	179

Озера Виштынецкой группы различаются по трофности. Виштынецкое озеро – олиго-мезотрофное, оз. Мариново и Островное – мезотрофные, Камышовое и Боровиково – эвтрофные. Сложившиеся в них биотопы достаточно разнообразны, что способствует развитию гидрофауны и, в конечном итоге, формирования условий для прохождения жизненных циклов паразитов, использующих в своем развитии промежуточных хозяев. Примерно такая же ситуация наблюдается в водохранилищах р. Лавы.

Куршский залив близок к эвтрофным водоемам. Его мелководность способствует развитию и распространению паразитов с прямым циклом развития. Наличие широких зон высшей водной растительности создает условия для существования моллюсков (первых промежуточных хозяев трематод), донных ракообразных (первых промежуточных хозяев скребней, некоторых нематод). Значительная доля в зоопланктоне копеподит [19] способствует прохождению жизненных циклов цестод и ряда нематод. Всё это приводит к разнообразию фауны паразитов рыб.

Значительно беднее состав паразитофауны рыб Вислинского залива. Тем не менее разнообразие фауны здесь объясняется значительной площадью водоема, богатством ихтиофауны, гидрофауны, наличием различных экологических ниш. Все это способствует прохождению жизненных циклов многих видов паразитов со сложным циклом развития. В залив вместе со своими хозяевами-рыбами проникают паразиты морского происхождения. Относительная

мелководность залива, хорошее перемешивание воды при спаде и подъеме ее уровня, температурный режим позволяют развиваться паразитам с прямым циклом развития. Тормозящим фактором для них становится загрязнение вод залива бытовыми и промышленными стоками. Их токсическое воздействие проявляется в изменении локализации паразитов на теле хозяина. Так, многие инфузории и моногенеи, известные как паразиты поверхности тела, переходят к паразитированию на жабрах и в носовых ямках, уходя тем самым от прямого воздействия среды.

В р. Преголе обнаружено 60 видов паразитов. Наибольшим количеством видов представлены паразиты с прямым циклом развития. У моногеней и инфузорий также наблюдается тенденция ухода с поверхности тела под защиту организма хозяина. Загрязнение реки в нижнем течении привело к обеднению фауны цестод, нематод и скребней.

В р. Прохладной, как и в других водоемах, доминируют виды с прямым циклом развития, в основном моногенеи. Нами обнаружены оксифильные виды: *Gyrodactylus lotae*, *G. magnificus*, *G. carassii*, которые обитают в водоемах с чистой водой. Снижение численности видового состава паразитофауны рыб в обеих реках объясняется небольшой площадью бассейна, наличием течения, которое сносит яйца, свободноживущие стадии паразитов и их первых промежуточных хозяев (планктонных ракообразных), приводя к обеднению как гидро-, так и паразитофауны рыб [20]. Разнообразие паразитофауны рыб р. Неман в основном связано с обширностью бассейна этого водоема.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Состав ихтиофауны в водоемах Калининградской области достаточно разнообразен, в нем преобладают представители семейства Cyprinidae [21]. Поэтому в паразитофауне доминируют виды, характерные для пресноводных рыб, в большинстве своем специфичные для карповых. Единично в заливах встречаются виды морского происхождения. На фоне большого видового разнообразия паразитов рыб в водоемах области (305 видов) наблюдается значительное количество видов микоспоридий (*Myxosporea*), инфузорий (*Ciliophora*), моногеней (*Monogenea*). Остальные группы паразитов представлены меньшим количеством видов.

Состав паразитофауны рыб зависит от характера водоема: его размеров, трофности, температурного режима, наличия течения, солености, зарастаемости водной растительностью и ряда других факторов. Состав паразитофауны рыб, выращиваемых в рыбоводных хозяйствах области, зависит от соблюдения правил ввоза рыб из других регионов, создания оптимальных условий при выращивании, недопущения попадания в хозяйства сорной рыбы, кормления доброкачественными кормами согласно нормативам.

Исследования паразитофауны рыб в естественных водоемах и в рыбоводных хозяйствах области помогли выявить негативное воздействие антропогенных факторов: токсического воздействия сточных вод предприятий, бытовых сточных вод, сельскохозяйственных стоков и др.

Для предупреждения развития заболеваний рыб следует проводить регулярный мониторинг паразитологической ситуации в естественных водоемах и рыбоводных хозяйствах различного типа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Евланов, И. А. Паразитофауна рыб водоемов Калининградской области и её значение при их рыбохозяйственном использовании: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Евланов Игорь Анатольевич. – Москва, 1982. – 22 с.
2. Евдокимова, Е. Б. Особенности паразитофауны карповых рыб водоемов Прибалтики / Е. Б. Евдокимова, Е. В. Авдеева // Первый конгресс ихтиопатологов России: тез. докл. – Москва, 1997. – С. 375.
3. Евдокимова, Е. Б. Экологический анализ фауны инфузорий семейства *Trichodinidae* Claus, 1874 (*Ciliophora* Doflein, 1901, *Peritrichida* F. Stein, 1859) рыб водоемов Калининградской области / Е. Б. Евдокимова, Е. В. Авдеева, С. К. Заостровцева // Паразитология. – 2012. – Вып. 46, № 3. – С. 193-202.
4. Авдеева, Е. В. Эпизоотическая ситуация на форелевом хозяйстве «Прибрежное» / Е. В. Авдеева // Физиолого-биохимические основы кормления рыб в аквакультуре: сб. науч. тр. – Калининград, 1995. – С. 59-60.
5. Авдеева, Е. В. Особенности фауны паразитов рыб Прибалтики / Е. В. Авдеева, Е. Б. Евдокимова // IX Всесоюзное совещание по паразитам и болезням рыб: сб. тез. докл. – Ленинград, 1990.
6. Евдокимова, Е. Б. Анализ паразитофауны рыб некоторых водоемов Калининградской области / Е. Б. Евдокимова, Е. В. Авдеева, С. К. Заостровцева // Итоги научно-практических работ в ихтиопатологии. – Москва, 1997. – С. 50-52.
7. Авдеева, Е. В. Биоразнообразие паразитов рыб в водоемах Калининградской области / Е. В. Авдеева, Е. Б. Евдокимова, С. К. Заостровцева // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: сб. науч. тр. – Калининград, 2013. – С. 224-226.
8. Евдокимова, Е. Б. Фауна цестод рыб водоемов Калининградской области / Е. Б. Евдокимова, С. К. Заостровцева, Е. В. Авдеева // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: сб. науч. тр. – Калининград: ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2014. – С. 106-109.
9. Евдокимова, Е. Б. Зоогеографический анализ фауны миксоспоридий водоемов Калининградской области / Е. Б. Евдокимова, Е. В. Авдеева, С. К. Заостровцева // Некоторые аспекты физиологии и патологии гидробионтов: сб. науч. тр. – Калининград, 1995. – С. 105-112.
10. Евдокимова, Е. Б. Биоразнообразие фауны паразитов рыб реки Неман до введения в эксплуатацию Балтийской АЭС / Е. Б. Евдокимова, Е. В. Авдеева, С. К. Заостровцева // Экологическая безопасность АЭС: II науч.-практ. конф. с международным участием, посвящ. 70-летию атомной отрасли России (20–21 окт. 2015): тр. – Калининград: Изд-во «Аксиос», 2015. – С. 63-66.
11. Евдокимова, Е. Б. Паразитофауна плотвы из Калининградского залива, рек Преголя и Прохладная / Е. Б. Евдокимова, С. К. Заостровцева // Экологические и рыбохозяйственные аспекты изучения прибрежных зон морей и внутренних водоемов: сб. науч. тр. – Калининград, 2002. – С. 77-81.
12. Заостровцева, С. К. Эколого-фаунистический анализ паразитофауны рыб Вислинского залива, рек Преголи и Прохладной: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 – Экология / Заостровцева Софья Константиновна. – Калининград, 2007. – 24 с.

13. Заостровцева, С. К. Гельминтофауна некоторых рыб Калининградского залива / С. К. Заостровцева // Комбикорма и обмен веществ у рыб: сб. науч. тр. – Калининград, 1991. – С. 93-102.
14. Заостровцева, С. К. Фауна миксоспоридий некоторых карповых рыб в водоемах Калининградской области / С. К. Заостровцева // Некоторые аспекты физиологии и патологии гидробионтов: сб. науч. тр. – Калининград, 1995. – С. 113-125.
15. Заостровцева, С. К. Паразитофауна судака *Stizostedion lucioperca* Калининградского залива / С. К. Заостровцева // XУII Межвуз. НТК ППС УОП Калининградских вузов Минрыбхоза СССР: сб. тез. докл. – Калининград, 1989. – С. 56.
16. Чукалова, Н. Н. Экологические факторы, обуславливающие эпизоотическое состояние леща (*Abramis brama* (L.)) в Куршском заливе Балтийского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Чукалова Наталия Николаевна. – Калининград, 2008. – 23 с.
17. Авдеева, Е. В. Эпизоотическая ситуация на учебно-опытном хозяйстве КГТУ / Е. В. Авдеева, Е. Б. Евдокимова // Гидробиология на рубеже веков и тысячелетий: сб. науч. тр. – Калининград, 2001. – С. 172-182
18. Быховская-Павловская, И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению / И. Е. Быховская-Павловская. – Ленинград: Наука, 1985. – 118 с.
19. Науменко, Е. Н. Зоопланктон прибрежной части Куршского залива / Е. Н. Науменко. – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2006. – 178 с.
20. Телеш, И. В. Видовое разнообразие и функционирование сообществ зоопланктона в озерах, реках и эстуариях: автореф. дис. ... д-ра биол. наук 03.00.18 – гидробиология / Телеш Ирина Викторовна. – Санкт-Петербург, 2006. – 45 с.
21. Тылик, К. В. Ихтиофауна Калининградской области / К. В. Тылик. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2003. – 128 с.

REFERENCES

1. Evlanov I. A. *Parazitofauna ryb vodoemov Kaliningradskoj oblasti i ee znachenie pri ih rybohozajstvennom ispol'zovanii. Avtoreferat diss. Kand. biol. nauk* [Fish parasitofauna of the water bodies in the Kaliningrad region and its meaning for fishery. Extended abstract of PhD (Biology) thesis]. Moscow, 1982, 22 p.
2. Evdokimova E. B., Avdeeva E. V. *Osobennosti parazitofauny karpovyh ryb vodoemov Pribaltiki* [Special features of parasitofauna of cyprinid in the water bodies of the Baltic States]. *Pervyj kongress ihtopatologov Rossii: tezisy dokladov* [First congress of ichthyopathologists of Russia: abstracts]. Moscow, VNIRO, 1997, 375 p.
3. Evdokimova E. B., Avdeeva E. V., Zaostrovceva S. K. *Jekologicheskij analiz fauny infuzorij semejstva Trichodinidae Claus, 1874 (Ciliophora Doflein, 1901, Peritrichida F. Stein, 1859) ryb vodoemov Kaliningradskoj oblasti* [Environmental analysis of the infusoria fauna Trichodinidae Claus, 1874 (Ciliophora Doflein, 1901, Peritrichida F. Stein, 1859) of the Kaliningrad region water bodies]. *Parazitologija*, 2012, vol. 46, no. 3, pp. 193-202.

4. Avdeeva E. V. *Jepizooticheseskaja situacija na forelevom hozjajstve «Pribrezhnoe». Fiziologo-biohimicheskie osnovy kormlenija ryb v akvakul'ture: sbornik nauchnyh trudov KGTU* [Epizootic situation in the trout farm “Pribrezhnoe”. Physiological and biochemical basis for fish feeding in aquaculture: collection of scientific papers of KSTU]. Kaliningrad, 1995.
5. Avdeeva E. V., Evdokimova E. B. *Osobennosti fauny parazitov ryb Pribaltiki* [Special features of fish parasitofauna in the Baltic states]. *IX Vsesojuznoe soveshhanie po parazitam i boleznjam ryb: sbornik tezisov dokladov* [IX All-Union meeting on fish parasites and diseases: collection of abstracts]. Leningrad, 1990.
6. Evdokimova E. B., Avdeeva E. V., Zaostrovceva S. K. *Analiz parazitofauny ryb nekotoryh vodoemov Kaliningradskoj oblasti* [Analysis of fish parasitofauna in some water bodies of the Kaliningrad region]. *Itogi nauchno-prakt. rabot v ihtiol. Mezhved. ihtiol. komis., Centr. proizv. st. po akklimatiz. i bor'be s boleznjami ryb Minsel'hozproda RF*. Moscow, 1997, pp. 50-52.
7. Avdeeva E. V., Evdokimova E. B., Zaostrovceva S. K. *Bioraznoobrazie parazitov ryb v vodoemah Kaliningradskoj oblasti* [Biodiversity of fish parasitofauna in the water bodies of the Kaliningrad region]. *Nauchnaja konferencija "Vodnye bioresursy, akvakul'tura i jekologija vodoemov", 25-26 sentjabrja*. [Scientific conference “Aquatic bioresources, aquaculture and ecology of water reservoirs”, 25-26 September]. Kaliningrad, 2013, pp. 224-226.
8. Evdokimova E. B., Zaostrovceva S. K., Avdeeva E. V. *Fauna cestod ryb vodoemov Kaliningradskoj oblasti* [Fish cestodes fauna in the water bodies of the Kaliningrad region]. *Vodnye bioresursy, akvakul'tura i jekologija vodoemov: trudy Federal'nogo agentstva po rybolovstvu, FGBOU "KGTU"*, Kaliningrad, 2014, pp. 106-109.
9. Evdokimova E. B., Avdeeva E. V., Zaostrovceva S. K. *Zoogeograficeskij analiz fauny miksosporidij vodoemov Kaliningradskoj oblasti* [Zoogeographical analysis of myxosporidias in the water bodies of the Kaliningrad region]. *Nekotorye aspekty fiziologii i patologii gidrobiontov: sbornik nauchnyh trudov* [Some aspects of physiology and pathology of aquatic organisms: collection of scientific papers]. Kaliningrad, KGTU, 1995, pp. 105-112.
10. Evdokimova E. B., Avdeeva E. V., Zaostrovceva S. K. *Bioraznoobrazie fauny parazitov ryb reki Neman do vvedenija v jekspluataciju Baltijskoj AJeS* [Biodiversity of fish parasites fauna in the Neman river prior to initial operation of the Baltic NPS]. *Trudy Vtoroj nauchno-praktičeskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj 70-letiju atomnoj otrasli Rossii «Jekologičeskaja bezopasnost' AJeS»* [Proceedings of the second research conference with international participant, dedicated to the 70th anniversary of the nuclear power industry of Russia “Environmental safety of NPS”]. Kaliningrad, 20–21 oktjabrja 2015 g. Kaliningrad, Aksios, 2015, pp. 63-66.
11. Evdokimova E. B., Zaostrovceva S. K. *Parazitofauna plotvy iz Kaliningradskogo zaliva, rek Pregolja i Prohladnaja* [Parasitofauna of roach in the Vistula lagoon, the Pregolya and Prokhladnaya rivers]. *Sbornik nauchnyh trudov «Jekologičeskie i rybohozjajstvennye aspekty izuchenija pribrezhnyh zon morej i*

vnutrennih vodoemov» [Collection of scientific papers “Environmental and fishery aspects of studying coastal zones and inland water bodies”]. Kaliningrad, 2002, pp. 77-81.

12. Zaostrovceva S. K. *Jekologo-faunisticheskiy analiz parazitofauny ryb Vislinskogo zaliva, rek Pregoli i Prokhladnoj. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk* [Environmental and faunal analysis of fish parasitofauna in the Vistula lagoon, the Pregolya and Prokhladnaya rivers. Extended abstract of PhD (Biology) thesis]. Kaliningrad, RGU im. I. Kanta, 2007, 24 p.

13. Zaostrovceva S. K. *Gel'mintofauna nekotoryh ryb Kaliningradskogo zaliva. Kombikorma i obmen veshhestv u ryb: sbornik nauchnyh trudov KGTU* [Helminthofauna of some fish in the Vistula lagoon. Compound fodder and metabolic function of fish: collection of scientific papers of KSTU]. Kaliningrad, 1991, pp. 93-102.

14. Zaostrovceva S. K. Fauna miksosporidij nekotoryh karpovyh ryb v vodoemah Kaliningradskoj oblasti [Fauna of myxosporidias of some cyprinids in the waters bodies of the Kaliningrad region]. *Nekotorye aspekty fiziologii i patologii gidrobiontov: sbornik nauchnyh trudov KGTU* [Some aspects of physiology and pathology of aquatic organisms: collection of scientific papers of KSTU]. Kaliningrad, 1995, pp. 113-125.

15. Zaostrovceva S. K. Parazitofauna sudaka *Stizostedion lucioperca* Kaliningradskogo zaliva [Parasitofauna of *Stizostedion lucioperca* pike perch of the Kaliningrad lagoon]. *XYII mezhvuz. NTK PPS UOP Kaliningradskih vuzov Minrybhoza SSSR: sb. tez. dokl. KTIRPiH.* Kaliningrad, 1989, pp. 56.

16. Chukalova N. N. *Jekologicheskie faktory, obuslavlivajushhie jepizooticheskoe sostojanie leshha (Abramis brama (L.)) v Kurshskom zalive Baltijskogo morja. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk* [Environmental factors responsible for epizootic conditions of bream (*Abramis brama* (L.)) in the Curonian lagoon of the Baltic sea. Extended abstract of PhD(biology) thesis]. Kaliningrad, 2008, 23 p.

17. Avdeeva E. V., Evdokimova E. B. Jepizooticheskaja situacija na uchebno-opytnom hozjajstve KGTU [Epizootic situation at the scientific-experimental farm of KSTU]. *Gidrobiologija na rubezhe vekov i tysjacheletij: sbornik nauchnyh trudov KGTU* [Hydrobiology at the turn of the century: collection of scientific papers of KSTU]. Kaliningrad, 2001, pp. 172-182.

18. Byhovskaja-Pavlovskaja I. E. *Parazity ryb. Rukovodstvo po izucheniju* [Fish parasites. Study guide]. Leningrad, Nauka, 1985, 118 p.

19. Naumenko E. N. *Zooplankton pribrezhnoj chasti Kurshskogo zaliva* [Zoological plankton of the coastal zone of the Curonian lagoon]. Kaliningrad, AtlantNIRO, 2006, 178 p.

20. Telesh I. V. *Vidovoe raznoobrazie i funkcionirovanie soobshhestv zooplanktona v ozerah, rekah i jestuarijah. Avtoreferat diss. dokt. biol. nauk* [Species diversity and functioning of zoological plankton communities in lakes, rivers and estuaries. Extended abstracts of D.Sci. (Biology) thesis]. Saint-Petersburg, 2006, 45 p.

21. Tylik K. V. *Ihtiofauna Kaliningradskoj oblasti* [Ichthyological fauna of the Kaliningrad region]. Kaliningrad, KGTU, 2003, 128 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Авдеева Елена Витальевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, профессор кафедры ихтиопатологии и гидробиологии; E-mail: elavd@mail.ru

Avdeeva Elena Vitalievna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Biology, professor; E-mail: elavd@mail.ru

Евдокимова Елизавета Борисовна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры ихтиопатологии и гидробиологии; E-mail: elavd@mail.ru

Evdokimova Elizaveta Borisovna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Biology, associate professor of the department of ichthyopathology and hydrobiology; E-mail: elavd@mail.ru

Заостровцева Софья Константиновна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры ихтиологии и экологии; E-mail: zaostrov@klgtu.ru

Zaostrovitseva Sofia Konstantinovna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Biology, associate professor of the department of ichthyology and ecology;
E-mail: zaostrov@klgtu.ru

УДК 504.054 (004.94)

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В МОНИТОРИНГЕ
ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Ю. К. Алдушина, П. Н. Барановский

POSSIBILITIES OF USING GIS-TECHNOLOGIES FOR MONITORING OF SOLID
MUNICIPAL WASTE SITES

Yu. K. Aldushina, P. N. Baranovskiy

Места размещения твердых коммунальных отходов (ТКО) являются объектами многофакторного воздействия на состояние окружающей среды. Для решения прикладных экологических задач применен относительно новый инструмент – географические информационные системы (ГИС). Объект исследования – свалка ТКО в ГО «г. Калининград». Источником информации являются спутниковые снимки, карта функциональных зон ГО «г. Калининград» и сведения публичной кадастровой карты. Расчет пространственных характеристик свалки и нормативных санитарно-защитных зон (СЗЗ) проводился с использованием ГИС-приложения ArcGIS. На основании анализа спутниковых снимков установлено, что свалка в период до 2011 г. имеет очертания сложной формы, что является следствием бессистемного размещения отходов с нарушением правил эксплуатации полигонов ТКО. Отмеченное ранее увеличение площади свалки и изменение контуров ее границ с 2011 г. не происходит, что подтверждается и значениями коэффициента эффективности использования площади территории. В ходе пространственного анализа отмечены нарушения, связанные с целевым использованием земель в процессе размещения ТКО, которое было устранено только в 2015 г. за счет выделения дополнительного земельного участка. Изменение пространственной конфигурации свалки в рассматриваемый период привело к смещению нормативных границ СЗЗ, особенно в направлении жилой застройки. Применение ГИС-технологий в мониторинге жизненного цикла мест размещения ТКО возможно для выявления нарушений природоохранного законодательства, информационной поддержки принятия судебных решений в сфере природоохранного законодательства, оптимизации мест размещения ТКО и мониторинга их дальнейшей рекультивации. Основными контролируемыми показателями могут быть: изменение площади и положения границ, изменение нормативных границ СЗЗ, соответствие границ мест размещения ТКО кадастровым границам и иным разрешительным документам, изменение состояния территории мест размещения ТКО и прилегающей территории.

объекты размещения отходов, ГИС, дистанционный мониторинг, законодательство, санитарно-защитная зона, Калининград

Solid municipal waste (SMW) sites are objects of multiple impact on condition environmental conditions. The Geographic Information System (GIS) as a new tool used for solving of applied environmental tasks. The research object is a SMW site in the city of Kaliningrad. The sources information are satellite photos, a map of functional zones of the city of Kaliningrad and data of the public cadastral map. Calculation of spatial characteristics of the landfill and normative sanitary protection zone (SPZ) has been carried out using GIS-application ArcGIS. According to the analysis of the satellite photos, it has been determined that till 2011 the landfill is of a very complex shape which is a consequence of random waste disposal with violation of regulations of SMW sites exploitation. Previously noticed increase of the landfill square and change of its borders, has not been determined since 2011, which is confirmed by the efficiency coefficient of the territory use. In the course of the spatial analysis, some violations have been noted connected with target using of land when disposing of SMW, that were rectified in 2015 due to allocation of additional land. Changing of spatial configuration of the landfill during the period in consideration has brought to displacement of the normative borders of SPZ, especially in the direction of residential construction. Application of GIS-technologies in monitoring of the life cycle of SMW landfills could be applied for detection of environmental legislation violation, informational support for decision making in environmental legislation, optimization of places for SMW disposal and monitoring of its further recultivation. Main test items could be: changing of square and borders of the landfill, change of normative borders of SPZ, correspondence of the landfill borders to the cadastral borders and other approval documents, as well as change of conditions on SMW site and adjacent territory.

waste disposal sites, GIS, remote monitoring, legislation, sanitary protection zone, Kaliningrad

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в нашей стране все больше внимания уделяется вопросу обращения с твердыми коммунальными отходами. Особенно критическая ситуация сложилась с местами их размещения, которые сами по себе являются объектами многофакторного воздействия на состояние окружающей среды. Все чаще для решения прикладных экологических задач применяется относительно новый инструмент – географические информационные системы (ГИС). В первую очередь интерес применения ГИС-технологий в данной сфере был связан с поиском мест для размещения ТКО и мест их несанкционированного размещения путем дешифровки спутниковых снимков [1 - 3]. Однако значительный интерес также представляет мониторинг санкционированных свалок и полигонов ТКО на всех этапах их существования в связи с необходимостью оценки и прогноза долговременных последствий их эксплуатации. В данной работе для оценки возможностей применения ГИС-технологий выбран наиболее проблемный для Калининградской области объект – санкционированная свалка ТКО в ГО «г. Калининград».

Свалка ТКО в черте ГО «г. Калининград» была введена в эксплуатацию в 1978 г. как место временного размещения, проектная площадь которой составляла 13,5 га. На протяжении всего периода ее эксплуатации вплоть до настоящего времени ей присваивался различный статус, а именно: «санкционированная

свалка», «свалка ТБО», «место складирования и размещения ТБО». Несмотря на проводимые в последние годы мероприятия по улучшению ее санитарно-технического состояния, устройство свалки ТКО ГО «г. Калининград» не отвечает требованиям санитарного законодательства [4-9]. В 2012 г. данная свалка ТКО вошла в перечень объектов накопленного экологического ущерба, расположенных на территории Калининградской области, и в 2014 г. включена в Федеральную целевую программу РФ «Ликвидация экологического ущерба в РФ (2014-2025 гг.)» с разработкой проекта рекультивации, утвержденного в 2016 г. [5, 10].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве источника информации для ретроспективной оценки изменения пространственных характеристик свалки ТКО использовались спутниковые снимки из картографического приложения «Google Earth» и сервисы «ArcGIS Online». Кроме того, для анализа были привлечены материалы карты функциональных зон ГО «г. Калининград» масштаба М 1:10 000, входящей в графическую часть генерального плана ГО «г. Калининград» до 2035 г. (утвержденная решением городского Совета депутатов Калининграда № 225 от 06.07.2016), и сведения публичной кадастровой карты Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр).

Расчет пространственных характеристик свалки ТКО и нормативных санитарно-защитных зон проводился в системе координат МСК-39 с использованием ГИС-приложения ArcGIS 10.2.1. (ESRI).

С целью оценки эффективности использования площади для размещения ТКО введен показатель, аналогичный по своей сути коэффициенту извилистости береговой черты для водоемов [11]. Данный показатель определяется как отношение периметра свалки к длине окружности круга, имеющего площадь, равную площади свалки, и рассчитывается по формуле (1):

$$K = \frac{P_{св}}{P_{окр}} = \frac{P_{св}}{2\sqrt{\pi S}}, \quad (1)$$

где K – показатель эффективности использования площади под размещение ТКО; $P_{св}$ – периметр свалки; $P_{окр}$ – длина окружности, ограничивающая круг, равный площади свалки S .

Данный коэффициент всегда будет принимать значения, равные или больше единице. Чем ближе значение к единице, тем более компактное расположение будет иметь свалка; при значении, равном единице, будет наблюдаться максимальная теоретически возможная эффективность использования площади (при одной и той же площади периметр будет минимален).

Деятельность объектов размещения отходов регулируется законодательством в области обращения с отходами производства и потребления (далее – отходами) и санитарным законодательством. Федеральный закон ФЗ №89 «Об отходах производства и потребления» определяет требования к объектам размещения отходов. Одним из требований данного закона является запрет на захоронение отходов в границах населенных пунктов. Выполнение этого требования, мониторинг и анализ морфометрических характеристик легко реализуются с помощью ГИС-технологий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В целях обеспечения безопасности населения и в соответствии с ФЗ-№52 "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" вокруг объектов и производств, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, должна быть установлена специальная территория с особым режимом использования, называемая санитарно-защитной зоной (СЗЗ). В российском законодательстве, а именно в СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов", за последние 10 лет произошли кардинальные изменения в санитарной классификации объектов размещения отходов и соответственно размеров их СЗЗ [9]. Так, введенные в 2008 г. для объектов размещения отходов, которые полностью не соответствуют понятию «полигон», понятия «усовершенствованные свалки твердых бытовых отходов» и «усовершенствованные свалки для неутрализованных твердых промышленных отходов» с установлением СЗЗ размером 1000 м в 2014 г. были исключены из санитарной классификации промышленных объектов и сооружений. И в этот же период были введены такие новые объекты, как «полигон твердых бытовых отходов, участки компостирования твердых бытовых отходов» и «полигоны по размещению, обезвреживанию, захоронению токсичных отходов производства и потребления 3 – 4-го классов опасности» с установлением меньшей СЗЗ размером 500 м. Исключение понятия «свалки» и отсутствие СЗЗ для этих объектов из СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03 являются, с одной стороны, объяснимыми ввиду происходящих коренных изменений в российском природоохранном законодательстве, но с другой – в законодательстве появился «правовой вакуум», связанный с эксплуатацией и потенциальным увеличением границ действующих до сих пор свалок ТКО, контролем границ СЗЗ и соответственно соблюдением мер по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что с точки зрения действующего законодательства существующая санкционированная свалка ТКО ГО «г. Калининград» не соответствует санитарной классификации предприятий и для нее не установлена СЗЗ, что не позволяет осуществлять надзор за соблюдением санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Ввиду несоответствия всем требованиям российского законодательства в области обращения с отходами производства и потребления и обеспечения санитарного законодательства в Калининградской области за последние годы сформировалась судебная практика по данному объекту [12]. Для оценки расположения объекта с целью последующего принятия решения по его управлению различные органы государственной власти в качестве одного из основополагающих аргументов используют картографические сервисы, основанные на ГИС-технологиях (карты Яндекс, Google).

С целью ретроспективной оценки развития свалки ТКО по серии спутниковых снимков высокого разрешения определены простые морфометрические характеристики объекта – площадь и периметр (таблица). На спутниковых снимках видно, что свалка в период до 2011 г. имеет очертания сложной формы, в ряде случаев границы размыты, что является следствием бессистемного размещения отходов с нарушением правил эксплуатации полигонов ТКО [9]. В результате отдельные легкие фракции ТКО с поверхности

свалки легко уносились ветром на прилегающие территории, относящиеся к землям лесного фонда. Кроме того, склоны свалки ТКО из-за неверной планировки отходов техникой подвергались периодическим оползням. Все вышеперечисленное приводило к значительному изменению конфигурации границ и площади свалки. К 2007 г. форма свалки значительно усложнилась по сравнению с 2003 г. Так, увеличились её периметр с 1,35 до 1,71 км, коэффициент эффективности использования площади с 1,19 до 1,30, что свидетельствует о снижении компактности свалки и использовании менее рационального способа размещения ТКО. Следует также отметить, что к 2003 г. свалка все еще находилась в пределах проектных параметров, использовалось около 76,3 % от проектной площади, в то время как к 2007 г. в результате стихийного разрастания (на 25,9 % относительно проектной площади) свалка вышла за пределы проектных границ. Темпы приращения площади в период между 2003-2007 гг. составили в среднем 6,5 % в год относительно проектной площади. К 2011 г. на снимках заметны существенные изменения, контуры свалки становятся четко оформленными, появляется выраженное террасирование ее тела. Площадь в период с 2007 по 2011 гг. вырастает до 114,1 % относительно проектных параметров, скорость приращения площади свалки в этот период сократилась и составила в среднем 3,0 % в год. Начиная с 2011 г. и по настоящее время увеличение площади свалки и изменение её границ не происходят. Несмотря на общее увеличение площади, отходы стали размещаться более компактно, коэффициент эффективности использования площади свалки для размещения ТКО значительно снизился по сравнению с предыдущим периодом – 1,17.

Таблица. Динамика морфометрических характеристик свалки ТКО ГО «г. Калининград»

Table. Changes of morphometric characteristics of the landfill in Kaliningrad

Показатель					
Год	2003	2007	2011	2013	2016
Площадь, га	10,3	13,8	15,4	15,4	15,4
Площадь относительно проектной, %	76,3	102,2	114,1	114,1	114,1
Периметр, км	1,35	1,71	1,63	1,63	1,63
К	1,19	1,30	1,17	1,17	1,17

На спутниковых снимках заметно увеличение со временем количества террас, что свидетельствует об увеличении объема размещенных ТКО на свалке не за счет расширения площади, а за счет увеличения высоты тела свалки. Также в этот период отмечено постепенное зарастание травянистой растительностью склонов террас. Наблюдаемые изменения связаны с изменениями способа размещения ТКО, отходы в этот период начали размещаться в соответствии с требованиями к эксплуатации полигонов ТКО [9, 13].

В ходе пространственного анализа отмечены нарушения, связанные с целевым использованием земель в процессе размещения ТКО. Согласно данным публичной кадастровой карты Росреестра под свалку выделен участок площадью 13,8 га, причем первоначальная постановка на учет данного земельного участка проведена в 2006 г., однако в результате бессистемного размещения отходов фактическая территория свалки вышла за кадастровые границы и часть ТКО оказалась на землях лесного фонда. В 2015 г. предприятию собственнику свалки был передан земельный участок площадью 6,4 га, окаймляющий территорию, первоначально выделенную под размещение ТКО. Данный участок сменил тип разрешенного использования с «земли лесного фонда (городские леса)» на «специальную деятельность». Таким образом, за счет передачи в пользование дополнительного земельного участка устранено правонарушение, связанное с нецелевым использованием земель и порчей земель, регулируемое КоАП РФ.

Изменение пространственной конфигурации свалки в рассматриваемый период привело к смещению нормативных (1000 м) границ санитарно-защитной зоны. Особенно заметное изменение границ наблюдалось в северном направлении в сторону жилой застройки. В результате с 2011 по 2016 гг. в санитарно-защитной зоне оказалось 5,5 га жилой зоны, из них 0,5 га – зона среднеэтажной застройки (пять-восемь этажей) и 5 га – зона застройки малоэтажными жилыми домами (до четырех этажей) (рисунок). Таким образом, проведенный с помощью ГИС пространственный анализ показал существенное нарушение санитарных норм, являющееся следствием слабого контроля за эксплуатацией места размещения ТКО.

Наряду с мониторингом эксплуатации мест размещения ТКО, перспективным направлением является использование ГИС для мониторинга рекультивации свалок и полигонов ТКО. С этой целью также необходимо использовать разновременные снимки высокого разрешения, которые позволят провести контроль мероприятий по стабилизации тела полигона или свалки, оценить состояние территории, в том числе и скорость протекания сукцессионных процессов.

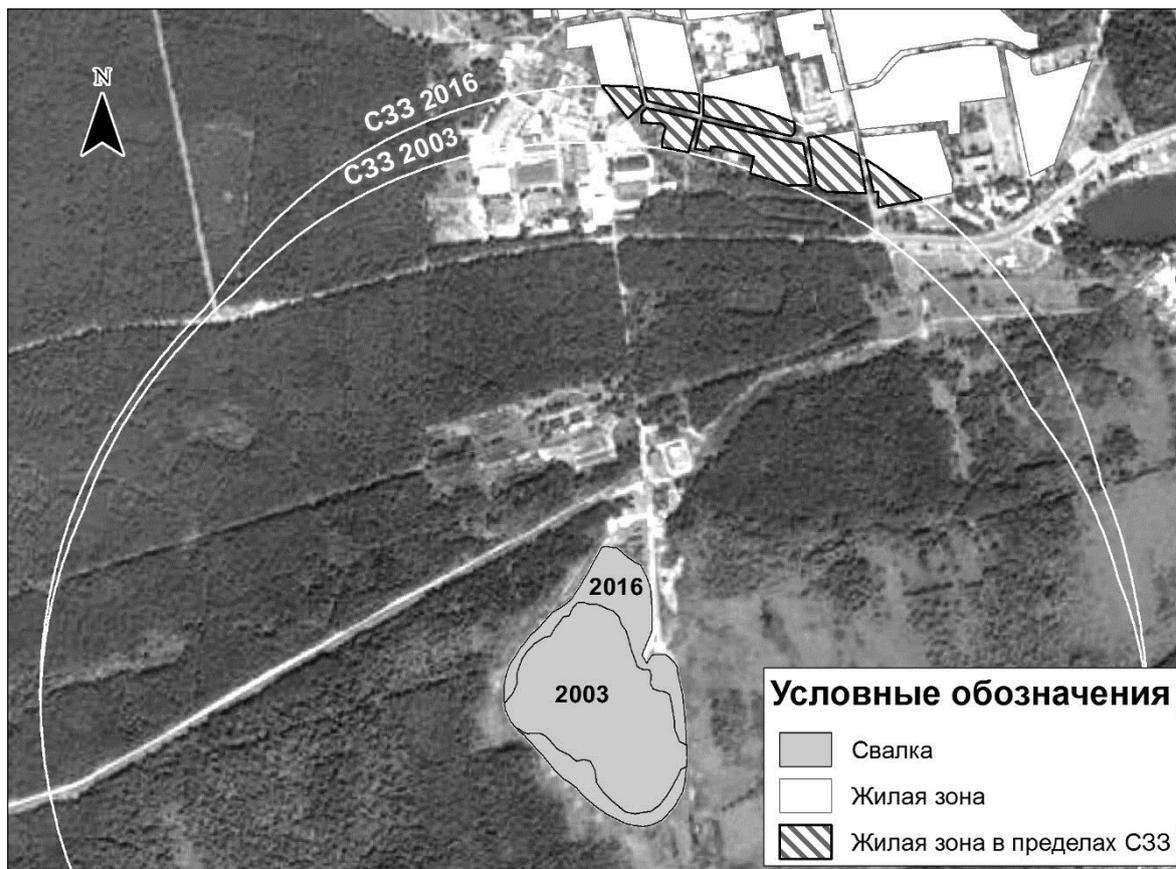


Рис. Изменение границ СЗЗ свалки ГО «г. Калининград»
Fig. Change of the borders of the landfill SPZ in Kaliningrad

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение геоинформационных технологий в мониторинге жизненного цикла мест размещения ТКО возможно по нескольким направлениям:

- выявление нарушений в области природоохранного законодательства;
- информационная поддержка принятия судебных решений в сфере природоохранного законодательства;
- рационализация эксплуатации мест размещения ТКО;
- мониторинг процесса рекультивации свалок.

В качестве основных контролируемых показателей для осуществления мониторинга на всех этапах жизненного цикла мест размещения ТКО служат: изменение площади и положения границ, изменение нормативных границ санитарно-защитной зоны, соответствие границ мест размещения ТКО кадастровым границам и иным разрешительным документам, изменение состояния территории мест размещения ТКО и прилегающей территории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Aderoju Olaide M., Salman Salis K., Anjoye Susan, Nwadike Blessing, Jantiku Jagila, Adebowale Rasheed K., Fagbemiro Olayinka A., Agu Nnemeka V. A

Geo-Spatial Approach for Solid Waste Dumpsites for Sustainable Development in Minna, Niger State, Nigeria // Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology. 2014. Vol. 8. P. 16-28 URL: www.iosrjournals.org (дата обращения: 20.02.2017).

2. Silvestri S. Omri M. A method for the remote sensing identification of uncontrolled landfills: Formulation and validation // Int. J. Remote Sens. 2007. Vol. 29. P. 975–989.

3. Yuei-An Liou, Soe Myint, Prasad S. Thenkabail. Remote Sensing Analysis Techniques and Sensor Requirements to Support the Mapping of Illegal Domestic Waste Disposal Sites in Queensland, Australia // Remote Sensing. 2015. Vol. 7(10). P. 13053-13069. URL: <http://www.mdpi.com/2072-4292/7/10/13053> (дата обращения: 27.02.2017)

4. Государственный доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2013 году. – Калининград, 2014. – 204 с.

5. Государственный доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2014 году. – Калининград, 2015. – 189 с.

6. Доклад о состоянии и об охране окружающей природной среды Калининградской области в 2001 году. – Калининград: ООО «Калининградский печатный двор», 2002. – 160 с.

7. Доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2011 году. – Калининград, 2012. – 166 с.

8. Доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2012 году. – Калининград, 2013. – 204 с.

9. О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [Электронный ресурс]: постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 № 74 (ред. от 25.04.2014). Доступ из справ. - правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения 20.02.1017).

10. Проекты рекультивации свалки в Космодемьянском и тлеющих короотвалов "Дариты" прошли госэкспертизу. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://klops.ru/news/obschestvo/142130-proekty-rekultivatsii-svalki-v-kosmodemyanskom-i-tleyuschih-korootvalov-darity-proshli-gosekspertizu> (дата обращения: 15.02.2017).

11. Чеботарев, А. И. Общая гидрология (воды суши) / А. И. Чеботарев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. – С. 430.

12. Свалка навсегда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rugrad.eu/interview/847361/> (дата обращения: 20.02.2017)

13. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов [Электронный ресурс]: утв. Минстроем России 02.11.1996 г. Документ опубликован не был. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

REFERENCES

1. Aderoju Olaide M., Salman Salis K., Anjoye Susan, Nwadike Blessing, Jantiku Jagila, Adebowale Rasheed K., Fagbemiro Olayinka A., Agu Nnemeka V. A

Geo-Spatial Approach for Solid Waste Dumpsites for Sustainable Development in Minna, Niger State, Nigeria. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. 2014, vol. 8, pp. 16-28, available at: www.iosrjournals.org (Accessed 20 February 2017).

2. Silvestri S., Omri M. A method for the remote sensing identification of uncontrolled landfills: Formulation and validation. *Int. J. Remote Sens.* 2007, vol. 29, pp. 975-989.

3. Yuei-An Liou, Soe Myint, Prasad S. Thenkabail. Remote Sensing Analysis Techniques and Sensor Requirements to Support the Mapping of Illegal Domestic Waste Disposal Sites in Queensland, Australia. *Remote Sensing*. 2015, vol. 7(10), pp. 13053-13069, available at: <http://www.mdpi.com/2072-4292/7/10/13053> (Accessed 27 February 2017).

4. *Gosudarstvennyj doklad ob jekologicheskoj obstanovke v Kaliningradskoj oblasti v 2013 godu* [State report on environmental situation in the Kaliningrad region in 2013]. Kaliningrad, 2014, 204 p.

5. *Gosudarstvennyj doklad ob jekologicheskoj obstanovke v Kaliningradskoj oblasti v 2014 godu* [State report on environmental situation in the Kaliningrad region in 2014]. Kaliningrad, 2015, 189 p.

6. *Doklad o sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej prirodnoj sredy Kaliningradskoj oblasti v 2001 godu* [Report on the natural environmental state and protection in the Kaliningrad region in 2001]. Kaliningrad, Kaliningradskij pechatnyj dvor, 2002, 160 p.

7. *Doklad ob jekologicheskoj obstanovke v Kaliningradskoj oblasti v 2011 godu* [Report on environmental situation in the Kaliningrad region in 2011]. Kaliningrad, 2012. 166 s.

8. *Doklad ob jekologicheskoj obstanovke v Kaliningradskoj oblasti v 2012 godu* [Report on environmental situation in the Kaliningrad region in 2012]. Kaliningrad, 2013, 204 p.

9. O vvedenii v dejstvie novej redakcii sanitarno-jepidemiologicheskikh pravil i normativov SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Sanitarno-zashhitnye zony i sanitarnaja klassifikacija predpriyatij, sooruzhenij i inyh ob'ektov". Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 25.09.2007 № 74 (red. ot 25.04.2014) [On introduction of a new version of the sanitary and epidemiological regulations SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, constructions and other facilities". Directive of the Chief sanitary officer of the Russian Federation dated 25.09.2007 № 74 (revised 25.04.2014)]. Dostup iz spravochno-pravovoj sistemy "Konsul'tantPljus" (Accessed 20 February 2017).

10. *Proekty rekul'tivacii svalki v Kosmodem'janskom i tlejushhih korootvalov "Darity" proshli gosjekspertizu* [Projects of recultivation of the landfill in Kosmodemyanskiy settlement and waste wood disposal sites "Darita" underwent State examination], available at: <https://klops.ru/news/obschestvo/142130-proekty-rekul'tivatsii-svalki-v-kosmodemyanskom-i-tleyuschih-korootvalov-darity-proshli-gosekspertizu> (Accessed 15 February 2017).

11. Chebotarev A. I. *Obshhaja gidrologija (vody sushi)* [General hydrology (continental waters)]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1975, 430 p.

12. *Svalka navsegda* [Landfill forever], available at: <http://rugrad.eu/interview/847361/> (Accessed 20 February 2017).

13. Instrukcija po proektirovaniju, jekspluatacii i rekul'tivacii poligonov dlja tverdyh bytovyh othodov [Guideline for design, maintenance and recultivation of solid waste disposal sites]. Utv. Minstroem Rossii 02.11.1996 g. Jelektronnyj resurs, dokument opublikovan ne byl. Dostup iz spravочно-pravovoj sistemy "Konsul'tantPljus".

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Алдушина Юлия Казимировна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент; E-mail: ruigite@gmail.com

Aldushina Yulia Kazimirovna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Biological Science, Associate Professor; E-mail: ruigite@gmail.com

Барановский Павел Николаевич – Калининградский государственный технический университет; старший преподаватель; E-mail: baranovskiy@klgtu.ru

Baranovskiy Pavel Nikolaevich – Kaliningrad State Technical University;
senior lecturer; E-mail: baranovskiy@klgtu.ru

УДК 595.384.12

МОРФОЛОГИЯ КРЕВЕТКИ *ALPHEUS LOBIDENS* DE HAAN 1849
С ЛИТОРАЛИ ОМАНСКОГО МОРЯ (ИРАН)

Р.Н. Буруковский, З. Ансари, А. Махсюдлю

MORPHOLOGY OF SHRIMP *ALPHEUS LOBIDENS* DE HAAN 1849
FROM THE LITTORAL ZONE OF THE OMAN SEA (IRAN)

R.N. Burukovsky, Z. Ansari, A. Maghsoodlou

По результатам исследования морфологии креветки из рода *Alpheus*, собранной на литорали Оманского моря (872 особи обоих полов с общей длиной тела 11-59 мм), установлено, что она с незначительными отклонениями соответствует диагнозу вида *Alpheus lobidens* De Haan, 1849 из австралийских вод, который хорошо отличим от вида *A. polynesica* Banner, Banner 1974 из вод Гавайских о-вов и других районов Полинезии. Отличия затрагивают предельную длину тела, которая у первого вида достигает 45-50 мм, и особенности скульптурирования малой клешни самца. Полинезийский вид не превышает 36 мм. У *A. lobidens* скульптурирование малой клешни самца развивается в онтогенезе, а у *A. polynesica* всегда отсутствует.

Живые креветки полупрозрачны. Основная особенность их окраски – чередование окрашенных и почти не окрашенных поперечных участков тела, образующих его поперечную полосатость. Лучше всего она выражена на абдомене, на каждом сегменте которого задняя часть ярко окрашена, а передняя полупрозрачна. Интенсивность окраски, формирующейся почти круглыми крупными пятнами, которые представляют собой, вероятнее всего, клетки-хроматофоры темно-серого цвета, нарастает спереди – назад. Вот почему задняя половина каждого сегмента абдомена меняет окраску от серой до практически черной вдоль задней кромки сегмента. Общая плотность распределения хроматофоров возрастает от первого сегмента к последнему. Поэтому тельсон и уроподы окрашены почти целиком в темно-серый цвет, на грани с черным. Головогрудь тоже пересечена четырьмя поперечными серыми лентами, окрашенными не так интенсивно, как на абдомене.

морфология, диагноз вида, Alpheus lobidens, A. polynesica

According to the results of studying the morphology of *Alpheus* shrimps collected in the littoral zone of the Oman Sea (872 female and male species with body length of about 11-59 mm), it has been found that the species mostly corresponds to the diagnosis of *Alpheus lobidens* De Haan, 1849 from Australian waters which differs greatly from *A. polynesica* Banner, Banner 1974 from the Hawaiian Islands and Polynesia. The differences refer to the maximum body measurements and features of small claw sculpture of males. *Alpheus lobidens* reach 45-50 mm, whereas, the size of

A. polynesica does not exceed 36 mm. *A. lobidens* males have their small claw sculpture developing in ontogenesis while *A. polynesica* have their chela always smooth.

Alive shrimps are translucent. The main feature of coloring is alternation of coloured and almost uncoloured cross sections of the body that form strips. It is best expressed in the abdomen. On each of its segments the back part is brightly coloured, and the front half is translucent. The color intensity increases from the front to the back. It is formed by large almost round spots, which are most likely dark-gray cells of chromatophores. A posterior half of each segment of the abdomen changes colour from gray to almost black along the back edge of the segment. The total distribution density of the chromatophores increases from the first to the last segment. Therefore telson and uropods are painted almost entirely in a very dark gray color, close to black. The cephalothorax is also intersected by four transverse gray bands coloured less intensively than on the abdomen.

morphology, diagnosis of the species, Alpheus lobidens, A. polynesica

ВВЕДЕНИЕ

Вид *Alpheus lobidens* De Naan 1849 по [1] относится к высшим ракам из надотряда Eucarida Calman 1904, отряду Decapoda Latreille 1802. Внутри отряда он входит в подотряд Pleocyemata Burkenroad 1963, инфраотряд Caridea Dana 1852 и надсемейство Alpheidea Rafinesque 1815 [2].

Базовое семейство этого надсемейства – Alpheidae Rafinesque 1815 – второе по видовому разнообразию после семейства Palaemonidae среди креветок. В его состав входят 663 вида, из которых почти половина (286 на уровень 2011 г.; сейчас их должно быть около 300) относятся к роду *Alpheus* Fabricius, 1798 [2]. Это исключительно бентосные формы, к тому же уникально привязанные к обитанию в тех или иных укрытиях. Живут преимущественно на литорали и сублиторали в диапазоне глубин от 0 до 50 м, хотя отдельные виды могут обитать в верхней части материкового склона. Подавляющее большинство видов живут в тропиках. Отдельные виды рода *Alpheus* встречаются и в районах с умеренным климатом. Для них естественной преградой распространения на север и юг служит зимняя изотерма воды 11° [3, 4]. Несколько видов известны из подводных гротов, а также в мангровых зарослях, лагунах и эстуариях, т. е. в солоноватых водах. На Малайском п-ове и о-ве Калимантан (в Сараваке) найден вид *A. cyanoteles* YeوNg, 1990, который живет в пресноводных водотоках [3, 5].

Среди прочих особенностей морфологии креветок семейства Alpheidae, отличающих их от других видов, следует отметить, во-первых, разрастание переднего края карапакса, частично или полностью скрывающего глаза, и, во-вторых, гипертрофию клешней первой пары переопод и сопровождающую ее уникальную специализацию. Среди пяти родов, для которых это особенно характерно, имеются два (*Alpheus* и *Synalpheus*), выделяющиеся не только наибольшим количеством видов, но и знаменитыми щелкающими клешнями, из-за которых их называют по-английски "snappings shrimps", по-французски "crevette-pistolet", по-немецки "Pistolenkrebs", а по-русски – "креветки-щелкуны". Именно эта особенность служит одним из главных родовых признаков для креветок еще шести родов этого семейства с подобными клешнями (*Athanas*, *Alpheopsis*, *Salmones*, *Betaeus*, *Potamalpheops* и *Automate*) [3, 4, 6].

Как считает А. Анкер, ведущий специалист в мире по креветкам семейства Alpheidae, изученность систематики рода *Alpheus* близка к катастрофической ([3]; устное сообщение) не только из-за того, что данный род насчитывает около 300 валидных видов, но и потому, что у них обнаружены виды-двойники, различимые лишь по результатам генетических исследований. Это заставляет с осторожностью относиться к таксономическому статусу пантропических видов рода *Alpheus*. Анкер [3] предполагает, что такие виды на самом деле представляют собой видовые комплексы.

Мы тоже столкнулись с проблемами идентификации нашего объекта исследований, начиная изучение его биологии, поэтому сочли необходимым более подробно исследовать его морфологию. Результаты приводим ниже.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материал собран в 2014-2016 гг. на литорали Оманского моря вблизи г. Чехбахара (Иран) на двух станциях: Djod (25°26'58" с.ш., 59°30'28" в.д.) и Tiss (25°21'10" с.ш., 60°36'08" в.д.). Расстояние между ними 110 км. Общий объем собранного материала – 872 креветки. Из них на станции Djod 26.08.2014 г. были собраны 311, а на станции Tiss 28.08. 2014 г. – 209 креветок. В 2015 г. здесь же с апреля по сентябрь и в ноябре были проведены ежемесячные сборы креветок (352 особи).

Креветки отловлены в сизигию во время максимума низкой воды среди валунов и гальки. Для этого раскапывали лопатой и руками грунт песчано-илистых и илисто-песчаных островков галечно-валунного поля литорали или же удаляли крупные валуны и гальку, освобождая участок с мелкими фракциями субстрата. Яма заполнялась водой, и в ней вручную отлавливали креветок, которых затем фиксировали в 4%-ном нейтрализованном растворе формалина.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Alpheus lobidens De Haan, 1849

(полная синонимия – см. [3])

Alpheus lobidens De Haan 1850 – Banner D., Banner A. 1982. The alpheid shrimp of Australia. Part III. The remaining alpheids, principally the genus *Alpheus*, and the family Ogyrididae. Records of the Australian Museum, V. 34. № 1. 357 p. (pp.252-255, fig. 78).

He *Alpheus lobidens polynesica* De Haan 1874 – Banner A.H., Banner D.M. 1974. Contributions to the Knowledge of the Alpheid Shrimp of the Pacific Ocean. Part XVII. Additional Notes on the Hawaiian Alpheids: New Species, Subspecies, and Some Nomenclatorial Changes // Pacific Scie. V. 28, 1-4. (=Alpheus polynesica De Haan 1874 [3]).

Относительно крупный вид (общая длина самой крупной особи 59, а длина карапакса – 18 мм). Рострум короткий, достигает середины длины первого членика антеннулярного стебелька, конический, заостренный; ростральный гребень относительно высокий, заходит за уровень длины глаз на расстояние, равное их длине; адростральная борозда относительно глубокая; тоже заходит за уровень длины глаз на расстояние, равное их длине; орбитальные вздутия выпуклые, закругленные, не вооружены (рис. 1, 2). Птеригостомиальный угол закруглен (рис. 1); кардиальная выемка хорошо развита.

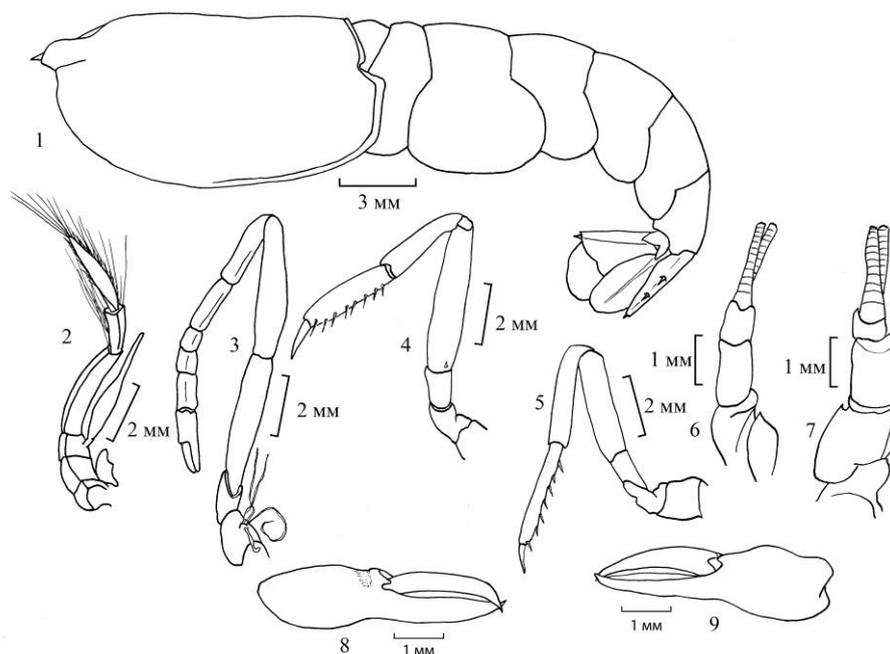


Рис. 1. *Alpheus lobidens* De Haan 1849:

1 – общий вид (сбоку); 2 – 3 максиллипеды (вид с месиальной стороны);
3 – 2 переоподы (вид снаружи); 4 – 3 переоподы (вид снаружи); 5 – 5 переоподы
(вид снаружи); 6 – правая антеннула (вид сверху); 7 – то же (вид снизу); 8 – малая
клешня самки (вид снаружи); 9 – то же (вид изнутри)

Fig. 1. *Alpheus lobidens* De Haan 1849:

1 – general view (side view); 2 – 3 maxilliped (mesial view); 3 – 2 pereopod (lateral
view); 4 – 3 pereopod (lateral view); 5 – 5 pereopod (lateral view); 6 – right antennula
(top view); 7 – the same (bottom view); 8 – small chela of a female (lateral view);
9 – the same (view from within)

Абдоминальные сомиты с вентрально закругленными плеврами (рис. 1). Тельсон относительно широкий, трапециевидный, его длина в 1,3 раза больше максимальной ширины, со слабо выпуклыми боковыми краями, последние сужаются дистально; дорсальная поверхность с двумя парами крепких зубообразных щетинок, хорошо удаленных от боковых краев, передняя расположена в первой трети длины тельсона, задняя – примерно на 0,5 длины тельсона; задний край его широко закруглен, каждый постеролатеральный угол с шиповидными щетинками, из них латеральная значительно короче месиальной; задний край тельсона между шиповидными месиальными щетинками усажен рядом одинаковых маленьких шиповидных щетинок и многочисленными нормальными щетинками, по длине сравнимыми с длиной тельсона.

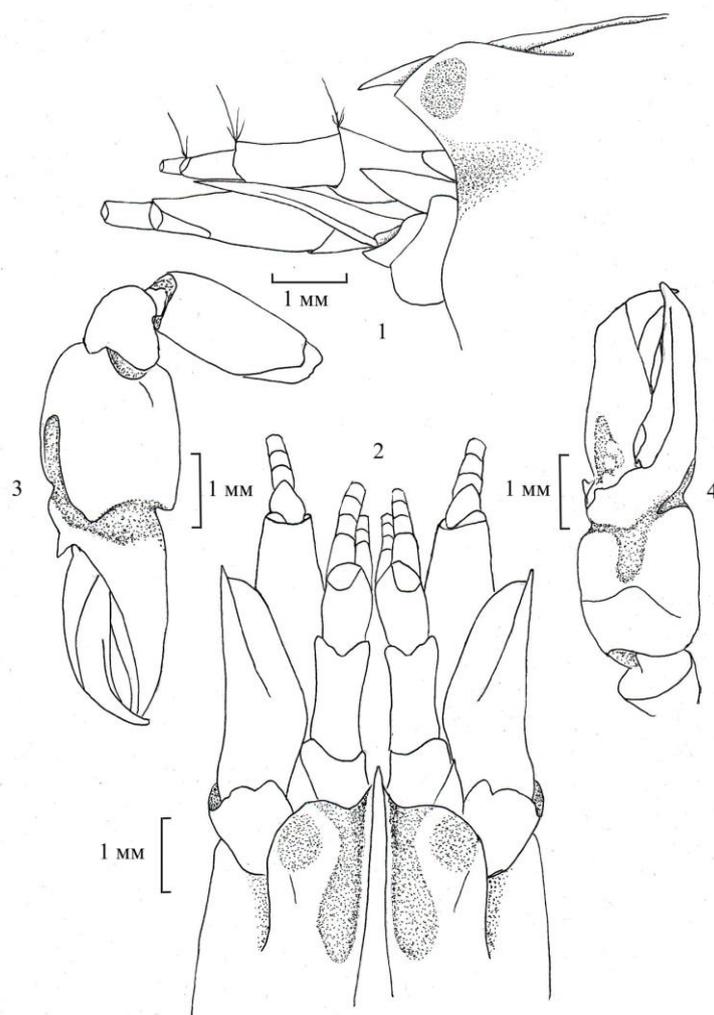


Рис. 2. *Alpheus lobidens* De Haan 1849:

1 – передняя часть головогруди (вид сбоку); 2 – передняя часть головогруди (вид сверху); 3 – малая клешня самца (вид изнутри); 4 – малая клешня самца (вид снаружи)

Fig. 2. *Alpheus lobidens* De Haan 1849:

1 – anterior part of the cephalotorax (lateral view); 2 – anterior part of the cephalotorax (top view); 3 – small claw of a male (view from within) ; 4 – small claw of a male (lateral view)

Антеннулярные стебельки с длинным вторым члеником, длина которого примерно в 2,7 раза превышает собственную ширину и почти в два раза длину первого членика; стилоцерит не достигает дистального края первого членика, заостренный; мезиовентральный киль широко закругленный, без острия впереди (рис. 1, 2). Базицерит антенны имеет маленький острый дистовентральный зубец; скафоцерит относительно длинный, со слабо вогнутым латеральным краем и хорошо развитой лопастью, которая не заходит за сильный дистолатеральный

зубец скафоцерита; карпоцерит слегка заходит за скафоцерит и немного превосходит по длине антеннулярный стебелек (рис. 2).

Третьи максиллипеды (рис. 1) тонкие, ногоподобные; их кокса с субдистальной латеральной площадкой листовидной формы; предпредпоследний членик слегка уплощен вентролатерально; длина предпоследнего членика в 2,7 раза превышает его ширину, его мезиоventральная поверхность с многочисленными длинными, слегка утолщенными щетинками; последний членик со щеткой коротких мелкозубчатых щетинок и пучком длинных простых щетинок, не вооруженных дистально; артробранх хорошо развит.

Большие хелипеды подобны у обоих полов, типично крупнее; исхиум очень короткий, мерус крепкий, его длина примерно в 2,5 раза больше ширины, затупленный дистодорсально, с крепким дистомезиальным зубцом; карпус очень короткий, бокаловидный; ладонь клешни примерно в 1,7 раз длиннее пальцев, дистодорсальный край с широкой поперечной бороздой, тянущейся на латеральной поверхности и затем позади до *linea impressa*, борозда имеется и на внутренней поверхности, но она позади далеко не достигает до *linea impressa*; дорсальное плечо невыступающее, закругленное, плавно наклоненное к поперечной борозде; вентральный край с глубокой и широкой поперечной бороздой, мезиально-вентральное плечо крутое, выдается вперед; подвижный палец впереди слегка выходит за пределы поллекса (неподвижного пальца клешни), с сильным плунжером (выступом подвижного пальца), мезиально оба пальца усажены пучками щетинок (рис. 3).

Малая клешня самца (рис. 2) много меньше по размерам и более тонкая, чем большая; исхиум очень короткий; мерус крепкий, его длина в 2,9 раза превышает наибольшую ширину, не заострен дистодорсально, с дистомезиальным зубцом; карпус короткий, бокаловидный; ладонь клешни почти равна пальцам (в 1,1 раза длиннее), с продольной бороздой, тянущейся по латеральной поверхности, заходя за *linea impressa*, и мелкой поперечной бороздой, достигающей мезиального края ладони; пальцы по длине почти одинаковы, слегка раздвинуты; они еле заметно расширены, латеральные и мезиальные поверхности с длинным диагональным гребнем; подвижный палец сильно расширен, напоминает клюв птицы-китоглава (*Balaeniceps rex*: рис. 2).

Под расширениями, как под карнизом, располагаются тесно сидящие толстые щетинки. У самок малая клешня в основном подобна малой клешне самцов; она слегка короче. Расширения, имеющиеся у самцов, на подвижном пальце отсутствуют (рис. 1).

Вторые переоподы тонкие; исхиум и мерус примерно равны по длине; карпус пятичленистый, соотношения члеников примерно равны 3,7/2,3/1,1/1/1,7; клешня меньше длины первого членика карпуса в 1,2 раза (рис. 1). Третьи переоподы умеренно тонкие; исхиум вооружен шиповидной щетинкой на вентролатеральной поверхности; длина меруса примерно в 4 раза больше ширины, он слабо уплощен, невооружен; пропус короче меруса в 1,3 раза и во столько же длиннее карпуса, его вентральный край с нерегулярно сидящими крепкими шипообразными щетинками, включая две у основания дактилуса; длина дактилуса в 2,6 раз меньше длины пропуса; он когтеобразно изогнут, простой (рис. 1, 3). Четвертые переоподы подобны третьим, слегка тоньше.

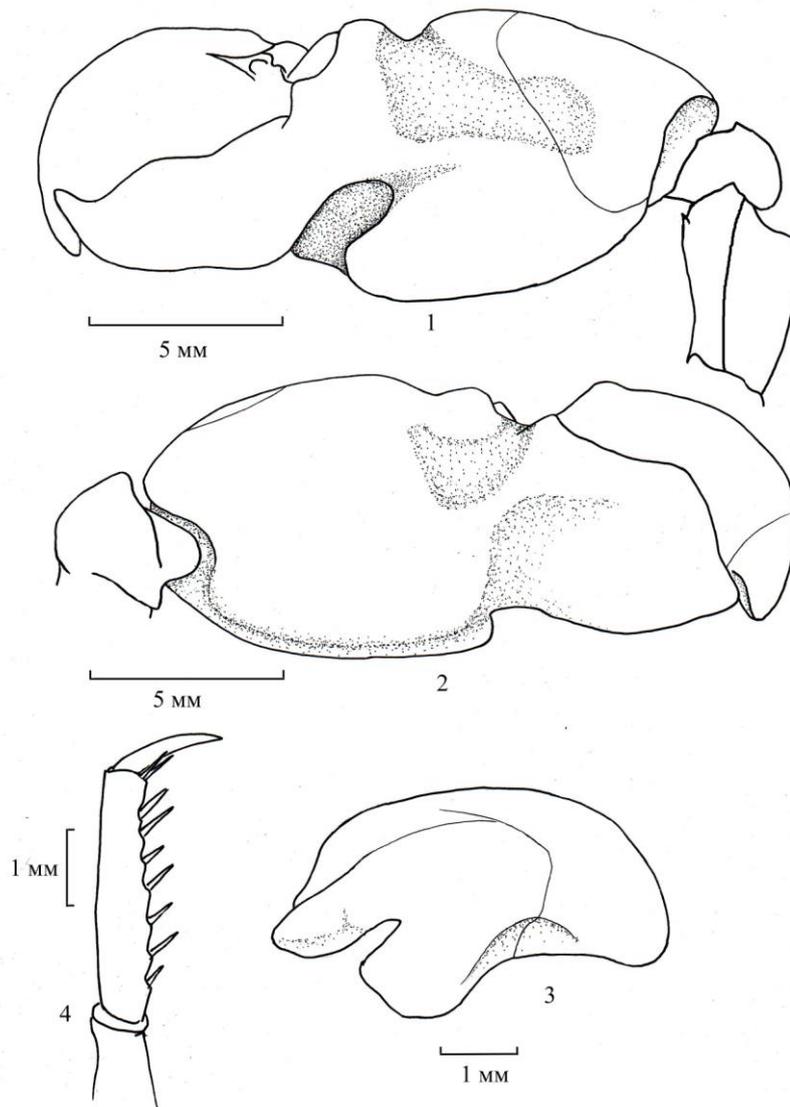


Рис. 3. *Alpheus lobidens* De Naan 1849:

- 1 – большая клешня переопод 1 (вид изнутри, щетинки не изображены);
- 2 – большая клешня переопод 1 (вид сбоку, щетинки не изображены);
- 3 – подвижный палец большой клешни переопод 1; 4 – дактилус и проподус левой переоподы 3 (вид изнутри)

Fig. 3. *Alpheus lobidens* De Naan 1849:

- 1 – chela (major) pereopod 1 (view from within, chaetas are not represented);
- 2 – chaela (major) pereopod 1 (lateral view, chaetas are not represented); 3 – mobile finger of major chela of the pereopod 1; 4 – dactylus and propodus of the left pereopod 3 (mesial view)

Пятые переоподы более тонкие; исхиум невооружен; мерус примерно в 4,5 раза длинее его ширины, слегка уплощен; карпус в 1,3 раза короче меруса; проподус с двумя рядами щетинок вдоль вентролатеральной поверхности; палец конической формы, простой, изогнут, как на третьих переоподах (рис. 1).

Вторые плеоподы самца с *Appendix masculina*, который заметно короче *Appendix interna*, с пучком апикальных щетинок. Латеральная лопасть протоподита уропод заканчивается острием; экзоподит и эндоподит широкие, дистально закругленные; диэрезис экзоподита слабо извилистый, латеральная часть с субтреугольной лопастью, вооруженной крепкой дистолатеральной шипообразной щетинкой (см. рис. 1).

Живые креветки полупрозрачны. Сквозь покровы неокрашенных участков тела в передней части абдомена просвечивают участки кишечника, содержащие непереваренные остатки пищи, в головогрудь – заполненный темно-серым гомогенным содержимым желудок. У более крупных особей основная особенность окраски – чередование окрашенных и почти не окрашенных поперечных участков тела, в целом образующих его поперечную полосатость. Лучше всего она выражена на абдомене. На каждом его сегменте задняя часть ярко окрашена, а передняя полупрозрачна. Интенсивность окраски нарастает спереди-назад. Окраска формируется почти круглыми крупными пятнами, которые представляют собой, вероятнее всего, клетки-хроматофоры темно-серого цвета. Изменение интенсивности окраски спереди-назад определяется изменением плотности их распределения, в результате чего задняя половина каждого сегмента абдомена меняет окраску от серого до практически черного цвета вдоль задней кромки сегмента. Кроме того, общая плотность распределения хроматофор возрастает от первого сегмента к последнему, благодаря чему тельсон и уроподы окрашены почти целиком в темно-серый цвет, на грани с черным. Головогрудь пересечена четырьмя поперечными серыми лентами, окрашенными не так интенсивно, как на абдомене. На антеннулярных стебельках и антеннах, а также клешнях хроматофоры тоже группируются в полосы, но они не так многочисленны и более разрежены. Меньшая особь окрашена примерно так же. Только на тельсоне и уроподах хроматофоры окаймляют эти придатки, оставляя в центре почти не окрашенные участки. Хроматофоры серовато-голубые, из-за чего фон окрашенных участков тела креветки темно-голубой, переходящий на задней кромке сегментов абдомена в темно-серый.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наше описание за небольшими отклонениями соответствует диагнозу вида *Alpheus lobidens* De Naan, 1849 из австралийских вод ([6], с. 254). Он хорошо отличим от вида *Alpheus polynésica* Banner, Banner 1974, описанного из вод Гавайских о-вов и из других районов Полинезии ([7], с. 429-433). Отличия, прежде всего, затрагивают предельные размеры, которые у *A. lobidens* достигают 45-50 мм [6], и особенности скульптуры малой клешни самца. Полинезийский вид не превышает 36 мм [7]. У нашего вида скульптурирование малой клешни самца развивается в онтогенезе, а у полинезийских особей – практически всегда отсутствует [6, 7].

У изученных нами креветок с литорали Оманского моря размеры самцов достигают 51, а самок – 59 мм. Скульптура поверхности ладони малой клешни самцов у креветок из Оманского моря хорошо выражена (рис. 1). Исходя из этого, мы относим креветок из Оманского моря к виду *Alpheus lobidens lobidens* De Naan, 1849. Анкер [3] считает полинезийский подвид отдельным видом *A. polynésica* Banner, Banner 1974.

В заключение работы считаем необходимым сообщить, что в процессе анализа литературы по таксономии вида мы столкнулись с разночтениями в трактовании приоритета вида. Например, в работах D.M.&A.H. Banner [7, 8] почему-то указывается без всяких пояснений, что вид был описан Де Хааном в 1850 г.: *Alpheus lobidens* De Naan 1850. В виртуальном атласе живых ресурсов Австралии [9] по неизвестной причине приводится видовое название *Alpheus lobidens* De Naan 1844, со ссылкой на каталог креветок Де Грэйва и Франсена [2], в котором нет ничего подобного. Эта разногласия толкования приоритета описания вида широко распространена в Интернете (см. Google). Мы приняли данные по приоритету, приводимые, с нашей точки зрения, в наиболее авторитетных высоко профессиональных таксономических работах [2,3].

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы приносят свою благодарность доктору А. Анкеру (Dr. A.Anker, Museu Zoologia Universidade de São Paulo, Brazil), который консультировал их по таксономическим проблемам рода *Alpheus*, и Ч. М. Нигматуллину (АтлантНИРО), читавшему рукопись и сделавшему ряд существенных замечаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Martin J.W., Davis G.E. An updated classification of the recent Crustacea // Nat. Hist. Mus. Scient. Ser. – 2001, № 39. Los Angeles County. – 123 p.
2. De Grave S., Franssen C.H.J.M. Carideorum catalogus the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea, Decapoda) // Zool. Meded. – 2011. Vol. 85, №9. Leiden. – P. 195-588.
3. Anker A. Taxonomie et évolution des Alpheidae (Crustacea: Decapoda) / Thèse pour l'obtention du grade de Docteur. Fasc. II. – 2001. Paris: Диссертация. – 365 p.
4. Corfield J.L., Alexander C.G. The distribution of two species of alpheid shrimps, *Alpheus edwardsii* and *A. lobidens*, on a tropical beach // Journal Marine Biol. Ass. UK. – 1995. Vol. 75. – P. 675-687.
5. Yeo D.C.G., Ng P.K.L.N. 1996. A new species of freshwater snapping shrimp, *Alpheus cyanoteles* (Decapoda: Caridea: Alpheidae) from peninsular Malaysia and a redescription of *Alpheus paludicola* Kemp, 1915 // The Raffle Bull. Zoology. – Vol. 44. № 1. – P. 37-63.
6. Banner D.M., Banner A.H. The alpheid shrimp of Australia. Part III. The remaining alpheids, principally the genus *Alpheus*, and the family Ogyrididae / Records of the Australian Museum. – 1982. Vol. 34. № 1. – 357 p.
7. Banner A.H., Banner D.M. Contributions to the Knowledge of the Alpheid Shrimp of the Pacific Ocean. Part XVII. Additional Notes on the Hawaiian Alpheids: New Species, Subspecies, and Some Nomenclatorial Changes // Pacific Sciences. – 1974. Vol. 28. – P. 1-4.
8. Banner D.M. & Banner A.H. Annotated checklist of the Alpheid shrimp of the Red Sea and Gulf of Aden // Zool. Verhandelingen. – 1981. Vol. 190. – 99 p.
9. The Atlas of Living Australia is a collaborative, national project that aggregates biodiversity data from multiple sources and makes it available and usable

online. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://bie.ala.org.au/species/urn:lsid:biodiversity.org.au:afd.taxon:25db7905-8064-48b9-8f8b-7d09c2ed91d8#names>.
Дата обновления: 13.01.2017.

REFERENCES

1. Martin J. W., Davis G. E. An updated classification of the recent Crustacea. *Nat. Hist. Mus. Scient. Ser.* 2001, no. 39, Los Angeles County, 123 p.
2. De Grave S., Fransen C. H. J. M. Carideorum catalogus the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea, Decapoda). *Zool. Meded.* 2011, vol. 85, no. 9, Leiden, pp. 195-588.
3. Anker A. *Taxonomie et évolution des Alpheidae (Crustacea: Decapoda). Thèse pour l'obtention du grade de Docteur.* Fasc. II. 2001. Paris, 365 p.
4. Corfield J. L., Alexander C. G. The distribution of two species of alpheid shrimps, *Alpheus edwardsii* and *A. lobidens*, on a tropical beach. *Journal Marine Biol. Ass. UK.* 1995, vol. 75, pp. 675-687.
5. Yeo D. C. G., Ng P. K. L. N. 1996. A new species of freshwater snapping shrimp, *Alpheus cyanoteles* (Decapoda: Caridea: Alpheidae) from peninsular Malaysia and a redescription of *Alpheus paludicola* Kemp, 1915. *The Raffle Bull. Zoology*, vol. 44, no. 1, pp. 37-63.
6. Banner D. M., Banner A. H. The alpheid shrimp of Australia. Part III. The remaining alpheids, principally the genus *Alpheus*, and the family Ogyrididae. *Records of the Australian Museum*, 1982, vol. 34, no. 1, 357 p.
7. Banner A. H., Banner D. M. Contributions to the Knowledge of the Alpheid Shrimp of the Pacific Ocean. Part XVII. Additional Notes on the Hawaiian Alpheids: New Species, Subspecies, and Some Nomenclatorial Changes. *Pacific Sciences*, 1974, vol. 28, pp. 1-4.
8. Banner D. M. & Banner A. H. Annotated checklist of the Alpheid shrimp of the Red Sea and Gulf of Aden. *Zool. Verhandelingen*, 1981, vol. 190, 99 p.
9. *The Atlas of Living Australia is a collaborative, national project that aggregates biodiversity data from multiple sources and makes it available and usable online.* Available at: <http://bie.ala.org.au/species/urn:lsid:biodiversity.org.au:afd.taxon:25db7905-8064-48b9-8f8b-7d09c2ed91d8#names>. (Accessed 13 January 2017).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Буруковский Рудольф Николаевич – Калининградский государственный технический университет; доктор биологических наук, профессор;
кафедра «Ихтиопатология и гидробиология»;
E-mail: burukovsky@klgtu.ru

Bururkovsky Rudolf Nikolaevich – Kaliningrad State Technical University;
Doctor of Biology, Professor of the Department of Ichthyopathology and Hydrobiology;
E-mail: burukovsky@klgtu.ru

Ансари Зейнаб – Калининградский государственный технический университет;
аспирантка кафедры «Ихтиопатология и гидробиология»;
E-mail: zeinab6228@gmail.com

Ansari Zeinab – Kaliningrad State Technical University; Postgraduate student
of the Department of Ichthyopathology and Hydrobiology;
E-mail: zeinab6228@gmail.com

Махсюдлю Абдолвахаб – Иранский национальный институт океанографии и
атмосферных наук; руководитель океанических наук Научно-исследовательского
центра; E-mail: Wahab@inio.ac.ir

Maghsoodlou Abdolvahab – Iranian National Institute for Oceanography
and Atmospheric Sciences; Head of ocean sciences at the Research Center;
E-mail: Wahab@inio.ac.ir

УДК 556.5.06 (051)

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКОЙ ФОСФОРНОЙ НАГРУЗКИ
НА ОЗЕРО ВИШТЫНЕЦКОЕ (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е. В. Кривоpuskova, Н. Н. Цветкова

PRELIMINARY ESTIMATE OF CRITICAL PHOSPHORUS LOAD IN LAKE
VISHTYNETSKOE (THE KALININGRAD REGION)

E. V. Krivopuskova, N. N. Tsvetkova

Озеро Виштынецкое – уникальная экосистема на территории Калининградской области. В его прибрежной части в последние годы активно реализуется региональная программа развития туризма, что приводит к возрастанию антропогенной нагрузки за счет увеличения количества отдыхающих. Так как в пределах водосборного бассейна оз. Виштынецкого нет промышленного производства, туризм может оказаться ведущим фактором в процессе эвтрофирования рассматриваемой водной экосистемы. В связи с этим необходимо найти объективные критерии современного состояния озера. Одним из способов может явиться оценка критических объемов поступления общего фосфора в водоем (критической фосфорной нагрузки). При отсутствии других загрязнителей на первый план в процессе эвтрофирования выходит загрязнение биогенными веществами, а в особенности различными соединениями фосфора, так как именно эта динамика отражает трофический статус водной экосистемы и его изменение. Для этого использована модель, предложенная в работах Фолленвендара (Vollenweider, 1975), показавшая достоверные результаты сходимости теоретических и практических данных для водоемов различных типов. Озеро Виштынецкое является водоемом с замедленной циркуляцией вод. В последние годы наметилась тенденция к снижению уровня и резкому сокращению расходов воды вытекающей из него р. Писсы. Уменьшение водообмена снижает способность к самоочищению и делает экосистему более чувствительной к биогенной нагрузке. Предварительные теоретические расчеты показали, что критическая фосфорная нагрузка на водоем составляет 62 т общего фосфора в год. Такой уровень будет свидетельствовать о необратимом переходе озера в эвтрофное состояние. Рассчитанная фоновая нагрузка (естественная нагрузка) в настоящее время не превышает 3,5 т, что позволяет говорить о благополучном состоянии водоема.

критическая нагрузка, озеро Виштынецкое, водосборный бассейн, общий фосфор

Lake Vishtynetskoe is a unique ecosystem in the Kaliningrad region, in the coastal area of which in last several years a new regional programme of tourism development has been actively implemented, leading to increased anthropogenic load on the lake ecosystem by increasing the number of tourists, so that the change of

trophic status of the water bodies. Due to the lack of industrial production in the studied water body catchment, tourism may become one of the key factors in the process of eutrophication of the water ecosystem under study. In this connection it is important to find objective criteria of the current state of the lake. One of the methods of doing this can be estimation of the critical volumes of total phosphorus entering in the lake - the "critical phosphorus load." To assess the possibility of receiving total phosphorus entering in the lake ecosystem we have used a model proposed in the works of Vollenweider (Vollenweider, 1975), showed a significant convergence of theoretical and practical data for different types of reservoirs. Lake Vishtynetskoe is characterized by slow water circulation, as well as the downward trend of water level marked in recent years, which can lead to the complete absence of flow, causing that it's ecosystem becomes more sensitive to nutrient inputs, and especially inputs of various phosphorus compounds. Preliminary theoretical calculations showed that the current critical phosphorus loading on the lake is about 62 tons of total phosphorus in the year from all water body catchment, this load level is indicative of the irreversible transition of the lake to the eutrophic state. The calculated background load (natural load) is currently less than 3.5 m., from which it follows that the main source of phosphorus in the ecosystem is a business activity. However, marked trends of the reduction of water levels in the lake leads to the necessity for an annual monitoring and recalculation of the critical load, and also controlling amount of total phosphorus which comes from catchment.

critical load, Lake Vishtynetskoe, catchment area, total phosphorus

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Виштынецкое – уникальная экосистема на территории Калининградской области. В его прибрежной части в последние годы активно реализуется региональная программа развития туризма [1], что приводит к возрастанию антропогенной нагрузки за счет увеличения количества отдыхающих. Ввиду отсутствия в пределах водосборного бассейна оз. Виштынецкого промышленного производства высокая рекреационная нагрузка может оказаться одним из ведущих факторов в процессе эвтрофирования рассматриваемой водной экосистемы. В связи с этим необходимо найти объективные критерии современного состояния озера.

Высокие темпы антропогенной трансформации окружающей среды нередко приводят к необратимым изменениям в экосистемах. Увеличение объема поступления биогенных веществ, особенно таких, как соединения азота и фосфора, вызывает возрастание скорости и объемов биологического продуцирования. При этом в первую очередь отмечается увеличение в экосистеме биомассы продуцентов, что, в свою очередь, приводит к увеличению кормовой базы для всех последующих ступеней трофической цепи (Одум, 1971). В то же время бесконтрольное поступление биогенных веществ изменяет буферную емкость экосистемы, тем самым снижая количество загрязнений, которое экосистема может перерабатывать без заметных последствий для её состояния. Наземные экосистемы, благодаря ряду своих особенностей, являются более устойчивыми к этим изменениям, что нельзя сказать о водных экосистемах, которые вследствие своих особенностей расположения в границах различных

видов рельефа и в системе материкового стока становятся аккумуляторами вещества, которое циркулирует в пределах водосбора, переносится стоком и достигает озер (Россолимо, 1934).

Водоемы чувствительны к поступлению избыточного количества не только биогенных веществ, но и загрязнений в целом. Для каждой такой экосистемы существует свой предел буферной емкости, при этом возможно изменение этих пределов вследствие изменения трофического статуса водоема. Следует отметить, что с изменением уровня трофии происходят необратимые изменения во флористических и фаунистических сообществах, а это, в свою очередь, может привести к потере продукционных свойств водной экосистемы.

Для обозначения границ максимально возможной концентрации того или иного загрязняющего вещества, поступающего в водную экосистему со всей площади водосборного бассейна, введено понятие «критическая нагрузка». Согласно российскому законодательству, под критической нагрузкой понимают «уровень внешней нагрузки, который приводит к достижению допустимого (критического) уровня концентрации вещества в воде, донных отложениях и гидробионтах» [2].

Целью проведенных исследований является предварительная оценка приемной возможности экосистемы оз. Виштынецкого с использованием модели Фолленвендара (Vollenweider, 1975) по оценке критической фосфорной нагрузки на водоем с последующей возможностью применения полученных результатов для создания комплексных планов развития прибрежных территорий озера.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Озеро Виштынецкое является самым крупным пресноводным водоемом Калининградской области. Его водосборный бассейн (рис. 1) расположился на территории трех государств: Российской Федерации, Литовской и Польской республик. Международное законодательство относит озеро к группе трансграничных водных объектов, поскольку по его акватории проходит государственная граница между Российской Федерацией и Литовской Республикой.

Общая площадь водосбора составляет 281,9 км². Наибольшая часть (≈51%) расположена на территориях Подляского и Вармино-Мазурского воеводств Польши. Это достаточно развитые сельскохозяйственные районы с двумя относительно крупными городами (Вижайны и Житкейми) и десятком мелких хуторов.

Оставшаяся часть водосборной площади в относительно равном количестве располагается на территории Российской Федерации и Литовской Республики. За последние сорок лет здесь произошли значительные изменения. Так, в Литве в 1992 г. создан региональный парк «Виштитис», хотя до этого это был крупный сельскохозяйственный район. На территории парка, непосредственно на побережье озера, располагаются две крупные базы отдыха и городское поселение Виштитис (численность населения 436 человек).



Рис. 1. Водосборный бассейн оз. Виштынецкого
Fig. 1. Catchment area of Lake Vishtynetskoje

Почти всю российскую часть водосборной площади занимают леса (около 90 %). В 2012 г. по примеру литовских коллег на территории, прилегающей к Виштынецкому озеру, образован природный парк «Виштынецкий», главной

задачей которого является развитие рекреационной зоны без вреда существующей экосистеме.

С водосборной площади в оз. Виштынецкое осуществляют свой сток 10-12 мелких водотоков, многие из них непостоянны и в меженные периоды полностью пересыхают. В южной части озера располагаются устья двух рек: Черницы и Вижайны, которые приносят воды с сельскохозяйственных районов Польской Республики. Само оз. Виштынецкое представляет собой относительно крупный (площадь 18,1 км²) и достаточно глубокий (максимальная глубина 52 м) пресноводный водоем. Котловина озера имеет достаточно сложную морфологическую структуру, что оказывает большое влияние на динамику вод.

Последние мониторинговые исследования состояния озера отмечают некоторое возрастание антропогенной нагрузки на российскую часть водосборной площади водоема. В 90-х гг. прошлого столетия было показано [3] увеличение трофического статуса прибрежной части акватории у берегов Литовской Республики, эта тенденция сохранялась и в нулевые годы.

Ранее делались попытки качественной оценки трофического статуса озера по характеру распределения и изменения перманганатной окисляемости воды [4]. Однако к проблеме оценки трофности и устойчивости водной экосистемы можно подойти, используя критерий «критическая нагрузка», определив ее, в частности, по фосфору.

Для всей площади водосборного бассейна озера характерно отсутствие крупных населенных пунктов, промышленных центров и производств, оказывающих негативное влияние на окружающую среду. Основную антропогенную нагрузку озеро получает со стоком с сельскохозяйственных полей, рекреационных зон и населенных пунктов, где основными загрязняющими веществами являются соединения фосфора и азота.

Доказано, что в олиготрофных озерах, не подверженных антропогенному воздействию, развитие фитопланктона ограничивается концентрациями фосфатов в воде [5]. С увеличением поступления соединений фосфора в водоем происходит бурное развитие различных форм водорослей, что, в свою очередь, приводит к повышению трофического уровня водной экосистемы. Из вышеуказанного следует, что концентрация фосфора в водоемах может быть использована в качестве показателя уровня трофии.

Оценка критической фосфорной нагрузки позволит не только оценить состояние водной экосистемы озера, но и разработать планы развития прибрежных зон с учетом сохранения окружающей среды. Ее значение может стать объективным критерием при определении антропогенной нагрузки на озеро.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки влияния фосфора, поступающего в водоем со всей водосборной площади, на переход экосистемы с одного уровня трофии на другой Р. Фолленвейдер (Vollenweider, 1975) в своих работах предложил график зависимости между фосфорной и водной нагрузками, в котором установлены границы между различными трофическими уровнями (рис. 2). Исследования Фолленвейдера позволили установить значение критической фосфорной нагрузки, после превышения которой водоем переходит в эвтрофное состояние [6].

Для расчета критической фосфорной нагрузки в крупных холодноводных водоемах с замедленным водообменом Р. Фолленвейдер и П. Диллон (Vollenweider, Dillon, 1974) предложили следующее выражение [6]:

$$L_{кр} = 25L_w(1 + \tau_w^{0,5}) \quad (1)$$

где 25 – критическая концентрация фосфора в озере в период весеннего перемешивания, мкг/л; τ_w – период полного водообмена озера, год; L_w – водная нагрузка на водоем, м/год (отношение средней глубины озера к условному числу лет, необходимому для полного водообмена в озере).

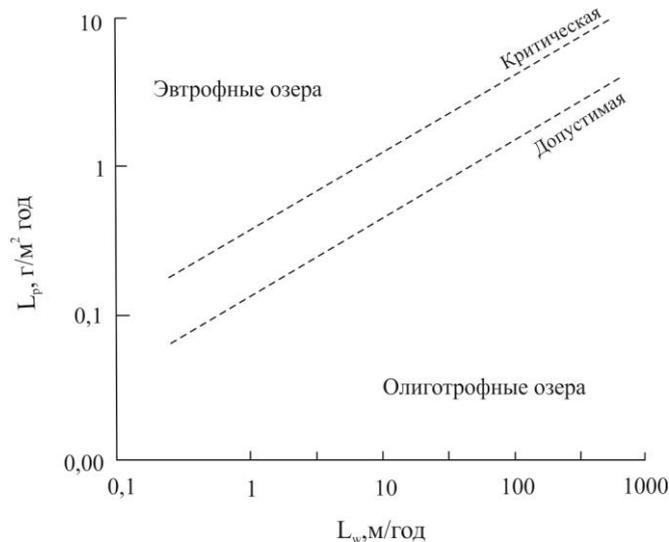


Рис. 2. Трофический статус озера в зависимости от фосфорной (L_p) и водной нагрузок (L_w) (Vollenweider, 1975)

Fig. 2. Dependence of the lake trophic status on phosphorous (L_p) and water loads (L_w) (Vollenweider, 1975)

Значение критической концентрации фосфора получено после анализа процессов эвтрофикации в Великих озерах (США), а дальнейшее апробирование полученного коэффициента в озерах Северо-Запада Европы, а также в Ладонежском и Онежском озерах доказало его достоверность. Проведенные расчеты позволили авторам [7] получить более или менее объективный критерий для оценки трофности водоема. Кроме всего, эта модель достаточно проста в использовании, по сравнению с другими [2, 5] не требует большого количества данных при отсутствии поступления в водоем промышленных и загрязнённых хозяйственно-бытовых стоков.

Общий суммарный расход выпадающих в озеро водотоков в летнюю межень не превышает $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ [8]. Используя эти данные в переводе на год, получаем, что общий годовой приток в озеро (водная нагрузка) от рек не превышает $47,3 \text{ млн. м}^3$, в маловодные периоды, когда большинство мелких водотоков пересыхают, приток может снижаться до $34,7 \text{ млн. м}^3$. Еще одним источником вод в оз. Виштынецком являются атмосферные осадки. Среднегодовое количество осадков, выпадающих на водосборную площадь в течение года, находится в пределах $640\text{-}730 \text{ мм}$ [9], что обеспечивает поступление в среднем

12,5 млн. м³. Таким образом, приходная часть водного баланса оз. Виштынецкого (без учета поступления грунтовых вод) составляет 59, 8 млн. м³.

Виштынецкое озеро относится к озерам с продольно-осевой проточностью. Сток из озера осуществляется через единственный водоток – р. Писсу. Средний расход Писсы в истоке не превышает 1,1 м³/с. Сток реки очень сильно зависит от водности года. Особенно эта зависимость проявляется в маловодные периоды, когда расход падает до 0,1 м³/с и менее. Так, засушливые жаркие летние месяцы и бесснежные зимы 2014-2015 гг. привели к падению уровня озера на 0,5 м и почти к полному прекращению стока из озера в октябре-ноябре 2015 г.

Вследствие сложного строения котловины, низкого объема притока и стока озеро относится к водоемам с замедленным водообменом. Для расчета условного числа лет, необходимого для полного водообмена, использовалась формула, предложенная Ф. А. Форелем (1912):

$$t = \frac{V}{D} \quad (2)$$

где t – время пребывания воды в озере; V – объем озера; D – сток воды из озера.

Расчеты, выполненные по формуле (2), показали, что полный водообмен в озере происходит за 10,6 лет. Средняя глубина озера – 20 м, следовательно, водная нагрузка (L_w) составляет 1,9 м/год.

С использованием полученных данных по формуле (1) рассчитана ориентировочная критическая фосфорная нагрузка, которая составляет 0,22 г/м²*год, что в переводе на площадь водосборного бассейна соответствует годовому поступлению 62 т фосфора. Полученная для озера ориентировочная критическая фосфорная нагрузка ниже теоретической (0,6 г/м²*год), снятой с графика на рис. 2 с учетом рассчитанной водной нагрузки, что связано с учетом в расчетах времени водообмена. Такие различия свидетельствует о необходимости при оценке критической нагрузки обязательного учета скорости водообмена при имеющихся тенденциях снижения уровня воды.

В настоящее время фоновый вынос общего фосфора с водосбора (естественная фосфорная нагрузка) в оз. Виштынецкое, рассчитанный согласно формуле (3) [10], предложенной в работах Г.Т. Фурмана и Е.Н. Степановой (2009), составляет 0,012 т/км² в год.

$$M(P_{\text{вал}})_{\text{фон}} = 221 - 52,3 \ln \varphi, \frac{\text{кг}}{\text{км}^2} * \text{год}, \quad (3)$$

где φ – широта средней точки бассейна.

Исходя из вышеизложенного, критическая фосфорная нагрузка для оз. Виштынецкого составляет 62 т, что соответствует необратимому переходу водоема в эвтрофное состояние. Однако естественной нагрузке соответствует лишь 5 % этого объема валового фосфора.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Озеро Виштынецкое представляет собой уникальную для Калининградской области экосистему, которая является местообитанием большого количества редких для нашего региона видов флоры и фауны. В частности, в водоеме обитает единственная в области популяция европейской ряпушки (*Coregonus albula*, L), которая к тому же является промысловой.

В последние годы растет инвестиционная и туристическая привлекательность прибрежной территории озера Виштынецкого, что ведет к увеличению антропогенной нагрузки и изменению условий поступления органических и биогенных веществ. Из-за возрастания количества отдыхающих в последнее десятилетие отмечается тенденция к некоторому увеличению эвтрофикации прибрежных районов [3, 4].

Озеро как аккумулирующая система отражает в своих гидрологических и гидрохимических характеристиках особенности вещественного состава природных комплексов своего водосборного бассейна и позволяет судить об изменениях, происходящих в этих комплексах [4, 5].

Некоторые соединения накапливаются путем механического отложения на дне озера, другие – в результате несложных трансформаций выводятся из раствора и затем уже поступают в состав озерных систем. Однако накопление биологически активных веществ, к примеру фосфора и азота, происходит иными более сложными путями.

В последние десятилетия понятие «критической нагрузки» перестало использоваться только для оценки влияния фосфора на водную экосистему при антропогенном воздействии. В настоящее время рассчитывают критические нагрузки и по другим химическим веществам, прежде всего по тяжелым металлам и кислотообразующим веществам, при этом учитываются все источники поступления загрязняющих веществ на всем водосборе. Однако необходимо учитывать, что если для фосфорной нагрузки существуют допустимое и критическое значения, то для других химических веществ они практически равнозначны.

Полученные данные о критической фосфорной нагрузке на оз. Виштынецком являются ориентировочными. Дальнейшие исследования должны быть направлены на натурные наблюдения за объемами поступления общего фосфора в озеро с его водосборного бассейна и уточнение водного баланса озера.

В совокупности полученные данные позволят не только уточнить критическую нагрузку на исследуемый водоем, но и контролировать развитие промышленного и рекреационного кластеров на территории водосборного бассейна, и в особенности в прибрежной части водоема, с учетом сохранения существующего олиготрофного состояния озера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 311 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Социально-экономическое развитие Калининградской области до 2020 года" (с изменениями

и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70544216/>

2. Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга от 26 марта 2008 г. N 34-р "Об утверждении Методических рекомендаций "Расчет критической нагрузки на обособленные водные объекты Санкт-Петербурга" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://uristu.com/library/sankt-peterburg/piter_71691/

3. Берникова, Т. А. Возможность оценки трофического статуса водоема по величине перманганатной окисляемости (на примере оз. Виштынецкого Калининградской области) / Т. А. Берникова, Н. Н. Нагорнова, Н. А. Цупикова // Вестник РУДН. – 2013. – № 3. – С. 12-23.

4. Берникова, Т. А. Многолетние изменения содержания органических веществ в воде как показатель трофического уровня озера Виштынецкого / Т. А. Берникова, Н. Н. Нагорнова, Н. А. Цупикова // Известия КГТУ. – Калининград, 2013. – № 28. – С. 70-78.

5. Россолимо, Л. Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора / Л. Л. Россолимо; АН СССР, Ин-т географии. – Москва: Наука, 1977. – 144 с.

6. Кондратьев, С. А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования / С. А. Кондратьев. – Санкт-Петербург: Наука, 2007. – 253 с.

7. Vollenweider R.A. Input – output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology / R.A. Vollenweider // Schweiz. Z. Hydrol. – 1975. -№ 37. – P. 53 – 84.

8. Озеро Виштынецкое / отв. ред.: К. В. Тылик, С. В. Шibaев. – 2-е изд., исправ. и доп. – Калининград: ИП Мишуткина И.В., 2011. – 144 с.

9. Виштынецкое озеро: природа, история, экология / В.В. Орленок [и др.]. – Калининград: Изд-во КГУ, 2001. – 211 с.

10. Геоэкологическое обоснование предельных уровней экспорта биогенных элементов с территорий стран бассейна Балтийского моря: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Степанова Елена Владимировна; РГГМУ. – Санкт-Петербург, 2009. – 223 с.

REFERENCES

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15 aprel'ja 2014 g. N 311 "Ob utverzhenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii "Social'no-jekonomicheskoe razvitie Kaliningradskoj oblasti do 2020 goda" (s izmenenijami i dopolnenijami).

2. Rasporjazhenie Komiteta po prirodnopol'zovaniju, ohrane okruzhajushhej sredy i obespecheniju jekologicheskoj bezopasnosti Pravitel'stva Sankt-Peterburga ot 26 marta 2008 g. N 34-r "Ob utverzhenii Metodicheskijh rekomendacij "Raschet kriticheskoj nagruzki na obosoblennye vodnye ob#ekty Sankt-Peterburga".

3. Bernikova T. A., Nagornova N. N., Cupikova N. A. Vozmozhnost' ocenki troficheskogo statusa vodoema po velichine permanganatnoj okisljaemosti (na primere ozera Vishtyneckogo Kaliningradskoj oblasti) [Estimability of the water body trophic status using the value of permanganate oxygen consumed (on the example of Lake

Vishtynetskoe in the Kaliningrad region)]. Moscow, *Vestnik RUDN*, 2013, no. 3, pp. 12-23.

4. Bernikova T. A., Nagornova N. N., Cupikova N. A. *Mnogoletnie izmenenija sodержaniya organicheskikh veshhestv v vode kak pokazatel' troficheskogo urovnja ozera Vishtyneckogo* [Long-term changes in the content of organic substances in water as an indicator of the trophic level of Lake Vishtynetskoe]. Kaliningrad, *Izvestija KGTU*, 2013, no. 28, pp. 70-78.

5. Rossolimo L. L. *Izmenenie limnicheskikh jekosistem pod vozdejstviem antropogennogo faktora* [Change of limnic ecosystems under the influence of anthropogenic factor]. Moscow, Nauka, 1977, 144 p.

6. Kondrat'ev S. A. *Formirovanie vneshnej nagruzki na vodoemy: problemy modelirovaniya* [Formation of external load on water bodies: simulation problems]. Saint-Petersburg, Nauka, 2007, 253 p.

7. Vollenweider R. A. Input – output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweiz. Z. Hydrol.* 1975, no. 37, pp. 53-84.

8. Tylik K. V., Shibaev S. V. *Ozero Vishtyneckoe* [Lake Vishtynetskoe]. Kaliningrad, IP Mishutkina I. V., 2011, 144 p.

9. Orlenok V. V., Barinova G. M., Kucherjavij P. P. , Ul'jashev G. L. *Vishtyneckoe ozero: priroda, istorija, jekologija* [Lake Vishtynetskoe: nature, history, ecology]. Kaliningrad, Izd-vo KGU, 2001, 211 p.

10. Stepanova E. V. *Geojekologicheskoe obosnovanie predel'nyh urovnej jeksporta biogennyh jelementov s territorij stran bassejna Baltijskogo morja. Diss. kandidata geograficheskikh nauk* [Geoecological substantiation of the ultimate levels of export of biogene elements from the territories of the Baltic sea basin: PhD (Geography) dissertation]. Saint-Petersburg, RGGMU, 2009, 223 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кривопускова Екатерина Владимировна – Калининградский государственный технический университет; ассистент кафедры ихтиологии и экологии;
E-mail: katekrivopuskova@gmail.com

Krivopuskova Ekaterina Vladimirovna – Kaliningrad State Technical University;
Assistant at the Department of Ichthyology and Ecology;
E-mail: katekrivopuskova@gmail.com

Цветкова Надежда Николаевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат географических наук, доцент кафедры ихтиологии и экологии; E-mail: nagornova@klgtu.ru

Tsvetkova Nadezhda Nikolaevna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Geography, Associate Professor of the Department of Ichthyology and Ecology;
E-mail: nagornova@klgtu.ru

УДК 639.03

ВЛИЯНИЕ НАСТОЯ ВАХТЫ ТРЕХЛИСТНОЙ (MENYANTHES TRIFOLIATA)
НА ПОВЕДЕНИЕ СЕГОЛЕТКОВ КАРПА

Т. М. Курапова, Е. И. Хрусталева, О. Е. Гончаренко

INFLUENCE OF MARSH TREFOIL (MENYANTHES TRIFOLIATA) INFUSION
ON BEHAVIOUR OF CARP FINGERLINGS

T. M. Kurapova, E. I. Khrustalyov, O. E. Goncharenok

В статье описаны фитопрепараты, изготовленные из лекарственных растений, в основу которых положены травы, имеющие иммуностимулирующий эффект. Как правило, это травы местного (посконник, крапива, омела белая и т.д.) или китайско-индийского (индиго, имбирь, эмблика, азадирахта и т.д.) происхождения. В народной медицине вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*) используется как средство против изжоги и метеоризма, как жаропонижающее, желчегонное и противоглистное, при ревматизме и туберкулезе. Наружно отвар листьев вахты трехлистной используется в качестве антисептического средства для промывания незаживающих ран и язв и в лечении различных заболеваний кожи. Экстракт из листьев вахты входит в состав седативного средства *Trivalumenum*.

В работе рассматривают влияние настоя вахты трехлистной на поведение голодных и накормленных нестандартных сеголетков карпа. Исследования проводили в тесте «открытое поле» в модификации Тихомирова и Хабумугиша (1997). Тестирование проводили как в присутствии раздражителя, так и в его отсутствии. В качестве раздражителя использовали постоянный и переменный свет.

В результате установили, что настой вахты трехлистной оказывает различное влияние на поведение рыб в присутствии раздражителя. На голодных сеголетков карпа настой вахты трехлистной оказывает седативное действие, которое наиболее сильно проявляется при воздействии внешнего раздражителя, в данном случае таковым являлся свет, независимо от того, постоянный он или переменный. Вахта трехлистная у накормленных сеголетков карпа стимулирует пищеварение, что проявляется в высокой поисковой активности.

вахта трехлистная, сеголетки, двигательная активность, показатель активации, фоновая двигательная активность

Nowadays herbal medicines made from medical plants having immune stimulating effect are thought to be very promising for preventing fish diseases. As a rule, these are local (snakeroot, nettle, mistletoe, etc.) or China-Indian (indigo, ginger, emblic, neem, etc.) herbs. In folk medicine marsh trefoil is used as choleric for heartburn and flatulency, as an antipyretic and an anthelmintic, for rheumatism and tuberculosis, as an antiseptic and sedative. The paper examines the impact of marsh

trefoil infusion on the behavior of hungry, and fed unusual carp fingerlings. Investigations were carried out in the "open field" test in Tikhomirov and Khabumugish's modification (1997). The test was performed in a control group (without any infusion) and in experimental groups with different concentrations of the infusion. The behavior of the carp fingerlings were evaluated when exposed to stimuli and without them. Constant and variable light was used as a stimulus. As a result, we have found that marsh trefoil stimulates digestion among the fed carp fingerlings, which was manifested in high activity in the absence of the stimulus. This is indicated by significant differences in the behavior of fish in the experimental and control groups in the absence of stimulus for activity indicators. When exposed to a stimulus, the fed fish showed decrease in physical activity, regardless of the group. The marsh trefoil infusion has a sedative effect on the well-fed carp fingerlings, which manifests itself the most when exposed to an external stimulus. In this case, it was light, both constant and variable.

marsh trefoil, fingerlings, physical activity, activation indicator, background physical activity

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перспективными для профилактики заболеваний рыб являются фитопрепараты, изготовленные из лекарственных растений. Их влияние рассматривается со многих сторон – с точки зрения воздействия на микроорганизмы [1] и вирусы [2], на иммунитет рыб [3] и т. д., но крайне редко рассматриваются вопросы воздействия фитопрепаратов на поведение рыб.

В основу препаратов для рыб положены лекарственные травы, имеющие иммуностимулирующий эффект. Как правило, это растения местного (посконник, крапива, омела белая и т.д.) или китайско-индийского (индиго, имбирь, эмблика, азадирахта и т.д.) происхождения [4].

В данной работе оценивали влияние настоя околородного (или наземно-водного) вахты трехлистной на поведение сеголетков карпа (рис. 1).



Рис. 1. Вахта трехлистная
Fig. 1. *Menyanthes trifoliata*

В народной медицине это растение используется как средство против изжоги и метеоризма, как жаропонижающее, желчегонное и противоглистное средство, при ревматизме и туберкулезе. Наружно отвар листьев вахты трехлистной используется в качестве антисептического средства для промывания незаживающих ран и язв и в лечении различных заболеваний кожи. Экстракт из листьев вахты входит в состав седативного средства Trivalumenum [5].

Листья вахты содержат горький аморфный гликозид мениантин, алкалоид генцианин, флавоноиды рутин и гиперозид, аскорбиновую кислоту, а также дубильные вещества (до 3 %). В траве содержится жирное масло, в состав которого входят глицериды линолевой, пальмитиновой и других жирных кислот, холин, смоляные кислоты и другие вещества, содержащие значительное количество йода. Корни содержат гликозид мелиатин, дубильные вещества, инулин, пектиновые вещества и следы алкалоидов [5].

Отмечена особенность травы вахты трехлистной накапливать редкоземельные элементы, трех- и четырехвалентные гидролизаты, а также тяжелые металлы [6].

На основании вышеизложенного нами была поставлена цель – изучить влияние настоя вахты трехлистной на поведение сеголетков карпа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили не стандартные сеголетки карпа (средняя масса рыб была меньше нормативной и составляла 8,63 г), выращенные на учебно-опытном хозяйстве ФГБОУ ВО «КГТУ». Во время осенних обловов рыбоводных прудов было отобрано необходимое для изучения количество экземпляров, которые затем в полиэтиленовых пакетах с кислородом доставили в аквариальную кафедру аквакультуры КГТУ для проведения серии экспериментов. После адаптации к температурному режиму всех перевезенных сеголетков карпа разместили в бассейнах шведского типа размером 2×2×0,8 м. За счет работы компрессора в емкости с рыбами установили принудительную аэрацию. Бассейны ежедневно чистили, рыбу кормили дважды в день по кормовым таблицам кормом датской фирмы Aller Aqua рецептуры Aller Trident. За время исследования средняя температура воды составила 18,3 °С, концентрация кислорода 6,81 мг/л.

Исследования проводили в два этапа:

1. Изучение влияния настоя вахты на поведение голодных карпов;
2. Изучение влияния настоя вахты на поведение накормленных сеголетков.

Для исследования отбирали по десять рыб в каждую группу, подбирая близких по размерам сеголетков. За два часа до эксперимента рыбу пересадили в три аквариума, объемом 20 л каждый, сформировав следующие группы: контроль, опытная группа 1 и опытная группа 2. В опытные аквариумы вносили свежеприготовленный 20 %-ный водный настой вахты трехлистной, приготовленный по стандартной методике. Доза настоя в первом опыте была 5 мл/л, а во втором – 10 мл/л, длительность экспозиции составила один час. «Голодных» карпов не кормили в течение суток, «накормленных» покормили за два часа до начала исследования.

Для исследования влияния вахты трехлистной на поведение сеголетков карпа применяли тест «открытое поле», в модификации Тихомирова и

Хабумугиша [7], который позволяет изучить реакцию центральной нервной системы на определенное вещество или препарат по уровню двигательной активности и реакции на внешние стимулы (зрительные, тактильные или гидродинамические).

Тестирование проводили в 100-литровом аквариуме, дно которого было разделено на квадраты со сторонами 10 см, стенки покрашены темно-серой краской. Тестовый аквариум состоит из двух частей (рис. 2):

- адаптационной камеры (1/5 от объема), разделенной черной перегородкой от основной части;
- основной части.

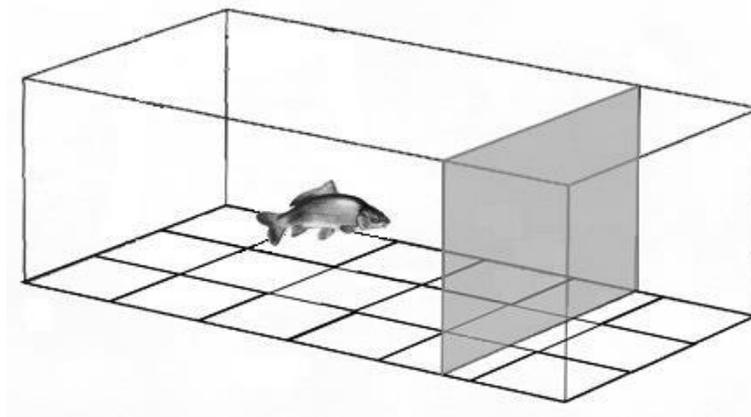


Рис. 2. Тестовый аквариум
Fig. 2. Test aquarium

В адаптационный отсек переносили одну тестируемую рыбу, выдерживали 3-5 мин для снятия стресса. Затем поднимали перегородку, и рыба выплывала в основную часть, где и наблюдали за ее поведением, регистрируя количество пересеченных рыбой квадратов на дне аквариума. Аналогично проводили исследования на всех рыбах. Длительность наблюдения каждого этапа пять минут.

На основании наблюдений рассчитывали следующие показатели:

- ОА (ориентировочная активность), вычисляли путем подсчета количества пересеченных рыбой квадратов при адаптационной камере;
- ФА (фоновая активность) рассчитывали путем подсчета количества пересеченных рыбой квадратов в общей камере.

Через пять минут включали раздражитель. В качестве раздражителя применяли свет постоянный и переменный. Источник света располагали у торцевой стенки на расстоянии 4-5 см от дна. На основании полученных характеристик определяли ориентировочную и реактивную двигательную активность при включении раздражителя как среднее количество пересеченных квадратов за 30 с.

Все результаты обрабатывали статистически по общепринятым методикам [8]. На основании полученных данных были рассчитаны следующие показатели: ПА (показатель активности) (1) и ПР (показатель реактивности) (2).

$$ПА=(ОА/ФА)\times 100, \quad (1)$$

где ОА – ориентировочная двигательная активность, ФА – фоновая активность;

$$ПР=(РА/ФА)\times 100, \quad (2)$$

где РА – реактивная двигательная активность, ФА – фоновая активность.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате исследований было установлено, что у голодных рыб показатель активации (ПА) был высоким и имел близкие значения в контрольной и опытных группах. Варьирование этого показателя составило от 85,28 % в группе 2 до 93 % в контроле (рис. 3).

Однако отсутствие статистически достоверных различий в группах указывает на то, что настой вахты трехлистной в данных концентрациях не влияет на поведение голодных рыб при отсутствии раздражителя. В литературных источниках указывается, что вахта, являясь желчегонным средством, стимулирует функцию кишечного тракта [5]. Если бы вахта оказывала такое влияние на голодных сеголетков карпа, то в опытных группах регистрировали бы повышенную двигательную активность, вызванную поиском пищи у голодных рыб, но в исследованиях этого не отмечали. Значит, вахта трехлистная в концентрации 5 и 10 мл/л не вызывала усиления пищевой активности у голодных сеголетков карпа.

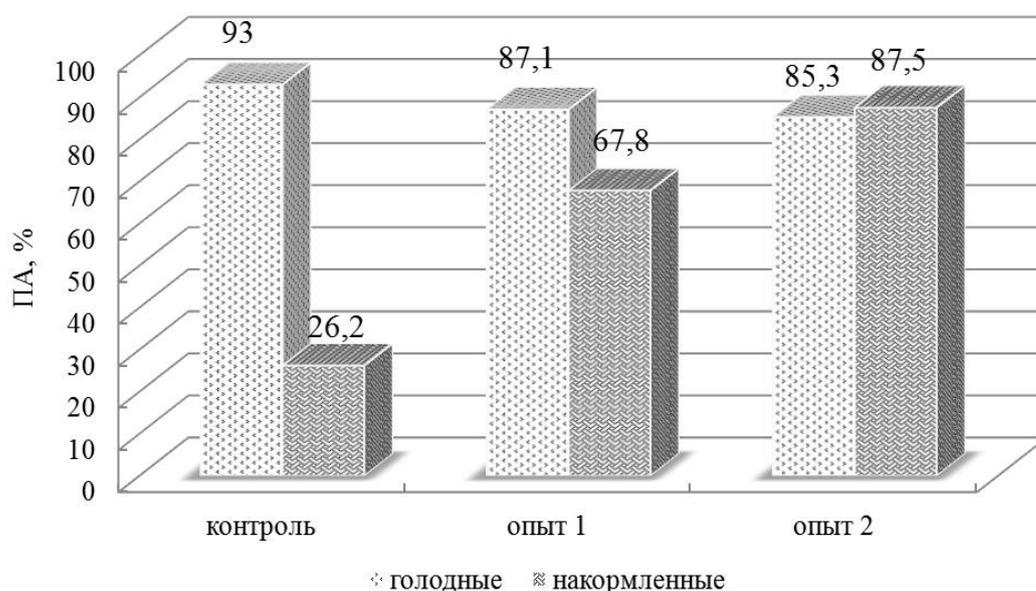


Рис. 3. Показатель активации (ПА) у сеголетков карпа в контрольной и опытных группах

Fig. 3. Activation indicator (AI) of the carp fingerlings in control and experimental groups

У накормленных рыб в контрольной группе показатель активации (ПА) был низким и в среднем составлял 26,2 %, что достоверно ниже, чем у голодных рыб ($p \leq 0,001$). В опытных группах показатель ПА был достоверно выше, чем в

контроле и составлял в среднем в опыте 1 – 67,77 ($p \leq 0,001$) и в опыте 2 – 87,50 % ($p \leq 0,001$). По нашему мнению, это связано с действием отвара вахты трехлистной, которая стимулирует выделение желчи и ускоряет переваривание пищи, что и отражается на усилении поисковой активности у сеголетков, причем чем больше концентрация отвара, тем выше активность у рыб.

При воздействии постоянного света отмечали увеличение двигательной активности у голодных рыб, которая и привела к снижению показателя реактивности (ПР1) в контрольной и опытных группах. Так, величина ПР1 в контроле в среднем была 56, в опыте 1 – 18 % ($p \leq 0,001$), в опыте 2 – 13% ($p \leq 0,001$) (рис. 4).

Постоянный свет является привлекающим фактором для большинства пелагических видов рыб и вызывает у них повышение двигательной активности за счет проявления исследовательского и пищевого поведения [9]. Полученные результаты показывают различие в поведении голодных сеголетков карпа в контроле и опытных группах. При влиянии постоянного света у голодных сеголетков карпа в опытных группах, обработанных отваром желчегонной травы, не происходит увеличение двигательной активности, что подтверждает отсутствие стимулирующего действия вахты на пищеварительную функцию у сеголетков карпа.

Наличие достоверных различий позволяет предположить, что вахта трехлистая в концентрации 5 и 10 мг/л оказывает седативное воздействие на поведение сеголетков карпа, которое отражается на снижении двигательной активности рыб при воздействии постоянного света.

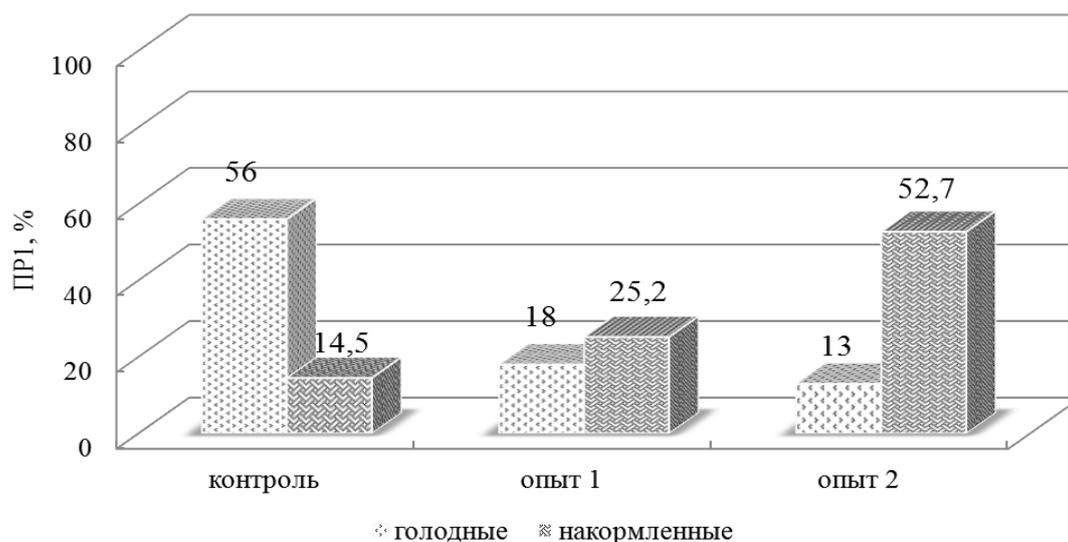


Рис. 4. Показатель реактивности (ПР1) при воздействии постоянного света
 Fig. 4. Reactivity indicator (RI1) under the influence of constant light

При воздействии постоянного света на накормленных сеголетков отмечали, что двигательная активность у рыб в контрольной группе была в среднем 14,5 %. В опытных группах отмечали увеличение двигательной активности. Так, в опытной группе 1 активность была 25,2, а в опытной группе 2 – 52,7 %.

В контроле показатель реактивности (ПР2) при влиянии переменного (мигающего) света был в среднем 28, в опыте 1 – 7,96 ($p \leq 0,001$), в опыте 2 – 14,44 % ($p \leq 0,001$) (рис. 5).

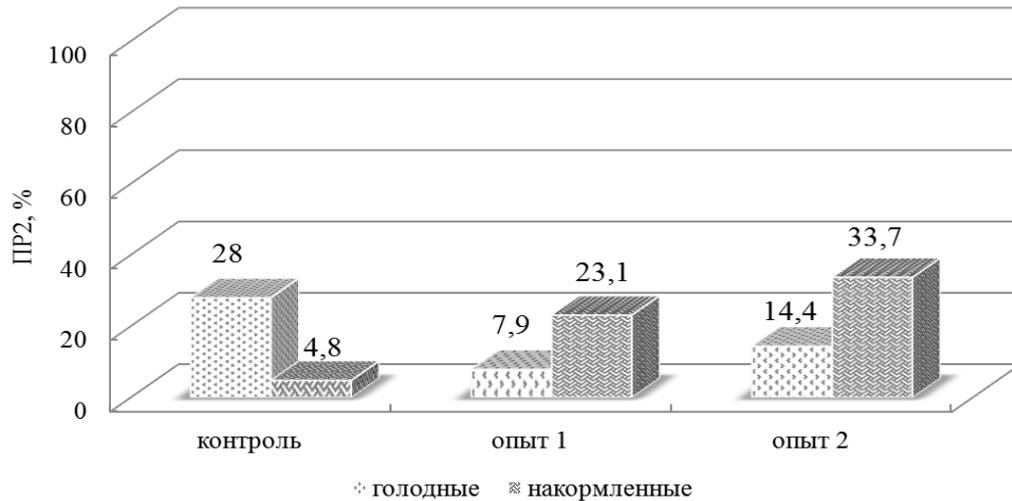


Рис. 5. Показатель реактивности (ПР2) при воздействии переменного света
Fig. 5. Reactivity indicator (RI2) under the influence of variable light

У накормленных рыб в контрольной группе при влиянии переменного света отмечали снижение двигательной активности рыб до 4,8 %. В опытной группе 1 показатель двигательной активности также снизился до 23,1 %, в опытной группе 2 – до 33,7 %. Полученные результаты подтверждают литературные данные о раздражающем действии переменного света на большинство видов рыб [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вахта трехлистная у накормленных сеголетков карпа стимулирует пищеварение, что проявляется в высокой плавательной активности в отсутствии раздражителя. На это указывают достоверные различия в поведении рыб в опытной и контрольной группах при отсутствии раздражителя по показателям ПА. При воздействии раздражителя у сытых рыб отмечали снижение двигательной активности независимо от группы. На сытых сеголетков карпа настой вахты трехлистной оказывает седативное действие, которое наиболее сильно проявляется при воздействии внешнего раздражителя, в данном случае таковым являлся свет, независимо от того, какой он: постоянный или переменный.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дегтярик, С. М. Фитопрепараты для рыб / С. М. Дегтярик // Рыбное хозяйство. – 2001. – № 2. – С. 54-59.
2. Direkbusaracom, S, Herunsalee, A, Yoshimizu, M, Ezura, Y. Antiviral activity of several Thai traditional herb extracts again fish pathogenic viruses /

S. Direkbusaracom, A. Herunsalee, M. Yoshimizu, Y. Ezura // *Fish Pathology*. - 1996. – № 31. – P. 209-213.

3. Dugenci, S, Arda, N, Candan, A. Some medical plants as immunostimulation for fish / S. Dugenci, N. Arda, A. Candan // *Ethnopharmacology*. – 2003. – № 88. – P. 99-106.

4. Jeney, G., Yin, G., Ardo, L., Jeney, Z.. The use of immunostimulating herbs in fish. An overview of research. / G. Jeney, G. Yin, L. Ardo, Z. Jeney // *Common carp as a model organism for biological studies*. - 2013. – P.154-160.

5. Муравьева, Д. А. Фармокогнозия / Д. А. Муравьева. – Москва: Медицина, 1991. – С. 180-181.

6. Манасыпов, Р. М. Особенности элементарного состава озерных вод и макрофитов термокарстовых озерных экосистем субарктики Западной Сибири / Р. М. Манасыпов // *Вестник Томского государственного университета. Сер. Биология*. – 2012. – № 3. – С. 186-198.

7. Тихомиров, А. М. Испытания макета нового устройства «Ихтиотест» на молоди русского осетра / А. М. Тихомиров, Ж. Д. Хабумугиша // *Вестник АГТУ*. – 1997. – № 5. – С. 97–98.

8. Аксютин, З. М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях / З. М. Аксютин. – Москва: Пищ. пром-сть, 1968. – 289 с.

9. Протасов, В. Р. Поведение рыб / В. Р. Протасов. – Москва: Пищ. пром-сть, 1978. – 296 с.

REFERENCES

1. Degtyarik S. M. Fitopreparaty dlya ryb [Herbal preparations for fish]. *Rybnoe khozyaystvo*, 2001, no. 2, pp. 54-59.

2. Direkbusaracom S., Herunsalee A., Yoshimizu M., Ezura Y. Antiviral activity of several Thai traditional herb extracts against fish pathogenic viruses. *Fish Pathology*, 1996, no. 31, pp. 209-213.

3. Dugenci S., Arda N., Candan A. Some medical plants as immunostimulation for fish. *Ethnopharmacology*, 2003, no. 88, pp. 99-106.

4. Jeney G., Yin G., Ardo L., Jeney Z. The use of immunostimulating herbs in fish. An overview of research. *Common carp as a model organism for biological studies*. 2013, pp. 154-160.

5. Murav'eva D. A. *Farmokognoziya* [Pharmacognosy]. Moscow, Meditsina, 1991, pp. 180-181.

6. Manasykov R. M. Osobennosti elementarnogo sostava ozernykh vod i makrofitov termokarstovykh ozernykh ekosistem subarkтики Zapadnoy Sibiri [Features of the elementary composition of lake waters and macrophytes of thermokarst lake ecosystems of the subarctic zone of West Siberia]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, ser. Biologiya*. 2012, no. 3, pp. 186-198.

7. Tikhomirov A. M., Khabumugisha Zh. D. Ispytaniya maketa novogo ustroystva "Ikhtiotest" na molodi russkogo osetra [Model test of a new "Ikhtiotest" device on Russian sturgeon fingerlings]. *Vestnik AGTU*, 1997, no. 5, pp. 97-98.

8. Aksyutina Z. M. *Elementy matematicheskoy otsenki rezul'tatov nablyudeniya v biologicheskikh i rybokhozyaystvennykh issledovaniyakh* [Elements of mathematical

evaluation of the observation results in biological and fishery studies]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1968, 289 p.

9. Protasov V. R. *Povedenie ryb* [Fish behavior]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1978, 296 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Курапова Татьяна Михайловна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры аквакультуры; E-mail: tkurapova@inbox.ru

Kurapova Tatiana Mikhailovna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biology; Associate professor of the Department of aquaculture; E-mail: tkurapova@inbox.ru

Хрусталеv Евгений Иванович – Калининградский государственный технический университет; доцент, кандидат биологических наук, профессор кафедры аквакультуры; E-mail: chrustaqua@rambler.ru

Khrustalyov Evgeniy Ivanovich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biology; Associate Professor of the Department of aquaculture; E-mail: chrustaqua@rambler.ru

Гончаренко Ольга Евгеньевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры аквакультуры; E-mail: olga111@mail.ru

Goncharenok Olga Evgenievna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biology; Associate Professor of the Department of aquaculture; E-mail: olga111@mail.ru

УДК 551.465.4:551.468.1(261.24)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СБРОСА В МОРЕ МАТЕРИАЛА
ДНОУГЛУБЛЕНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БЕРЕГОЗАЩИТЫ

А. Н. Соколов, Б. В. Чубаренко

EFFICIENCY ANALYSIS OF THE SEA DISPOSAL OF DREDGING MATERIAL
FROM THE COASTAL PROTECTION POINT OF VIEW

A.N. Sokolov, B. V. Chubarenko

В работе рассмотрены три морских отвала для материалов дноуглубительных работ, расположенные в юго-восточной части Балтийского моря (Калининградская область) на глубинах 8-9 м. Первый и второй находятся чуть южнее и чуть севернее входа в Калининградский/Вислинский залив, а третий – у северного берега Самбийского п-ова, к востоку от мыса Гвардейский. Все три отвала расположены недалеко от участков берега, подверженных береговой абразии. Задача исследования: выяснить, возможны ли ситуации, при которых сброшенный материал естественным образом дрейфует к побережью и осаждается на нем, препятствуя эрозии. Если "да", какие именно направления и скорости ветра будут способствовать этому. Для решения задачи выполнены численные эксперименты для различных скоростей и направлений модельного ветра, вызывающего дрейф взмученного материала. Расчет был проведен для 24 сценариев по скорости и направлению ветра. Как показали расчеты, в случае ветров со скоростями более 15 м/с весь сброшенный материал переходит во взвешенное состояние и разносится по территории площадью в десятки квадратных километров с ничтожной толщиной оседания. Ветры со скоростью 7-10 м/с могут взмучивать и переносить предварительно осевший на морском отвале материал вдоль берега на расстояние до нескольких километров и тем самым способствовать защите берега от абразии. Второй и, особенно, третий отвалы (в отличие от первого) оказались достаточно эффективны с точки зрения потенциальной защиты ближайшего берега от абразии.

сброс материалов дноуглубления, транспорт наносов, численное моделирование, ветровые волны, прибрежные течения

The article deals with three dumping sites located at the south-eastern part of the Baltic Sea (the Kaliningrad region) at shallow depths of 8-9 m. The first one is located to the south of the Vistula Lagoon inlet. The second one is located to the north of the Vistula Lagoon inlet. The third dumping site is located near the northern shore of the Sambian Peninsula to the east of the Cape Gvardejski. All three dumping sites are located not far from the eroded parts of the shore. The question behind the study is: is it possible that disposed material will naturally drift from the dumping site to the shore and settle there to protect it from erosion? A numerical 3D model was used to simulate sediment drift under different wind actions. In the presence of winds with the speed

stronger than 15 m/s, all the disposed material complete rise into suspension and spread over a huge area with a negligible sedimentation thickness. Winds with the speed of 7-10 m/s transport material along the shore at a distance of few kilometers that may be useful for shore protection. The first location looks very ineffective for potential protection the shore nearby. At the other hand, the second and especially the third locations are favorable for transportation of the disposed material to the shore.

disposal of dredging material, sediment transportation, numerical simulation, wind waves, coastal currents

ВВЕДЕНИЕ

Известно [1-3], что входы в порты Юго-Западной Балтики постоянно заносятся песком и требуют периодического углубления. С другой стороны, некоторые участки побережья вблизи них подвержены постоянной абразии. Использование материала дноуглубления для подпитки берегов рекомендовалось в работе [4], но оно по-прежнему остается на уровне рекомендаций [5].

В Калининградской области одним из мест, требующих постоянного дноуглубления, является вход в Калининградский/Вислинский залив, служащий одновременно входом в Калининградский морской канал (рис. 1). Достаточно длинные входные молы, обрамляющие его со стороны моря и выходящие своими оконечностями до глубин 10-11 м, являются одновременно препятствием для вдольберегового потока наносов. В результате на протяжении 2.5-3 км на юг от молов имеется постоянно размываемый участок [6, 7]. В июне 2006 г. был выполнен экспериментальный сброс материалов дноуглубления в непосредственной близости от размываемого участка (рис. 1, место сброса №1). К сожалению, ожидаемого укрепления берега не произошло. Детальное описание данных полевых измерений и результатов компьютерного моделирования этого случая приведены в [7].

Как было замечено, сброс материалов дноуглубления в точке №1 был выполнен лишь один раз. Обычным же местом для сброса материалов дноуглубления Калининградского морского канала является отвал грунта №2 (рис. 1), а для сброса в море материала от дноуглубления в порту Пионерский - отвал №3 (рис. 1). Как для западного, так и для восточного побережья Калининградской области авторами [4] рекомендовалось использовать материал дноуглубления для подпитки берега, причем с помощью непосредственной отсыпки на пляж. До настоящего времени реализация такого проекта никем не проведена, грунт продолжают сбрасывать на морские отвалы.

Целью представленных в данной работе исследований было выяснить, возможны ли ситуации, при которых сброшенный на отвалах (№ 1, 2 и 3) материал естественным образом дрейфует к побережью и осаждается на нем. Если "да", какие именно направления и скорости ветра будут способствовать этому. Для решения поставленной задачи использовался метод математического моделирования.

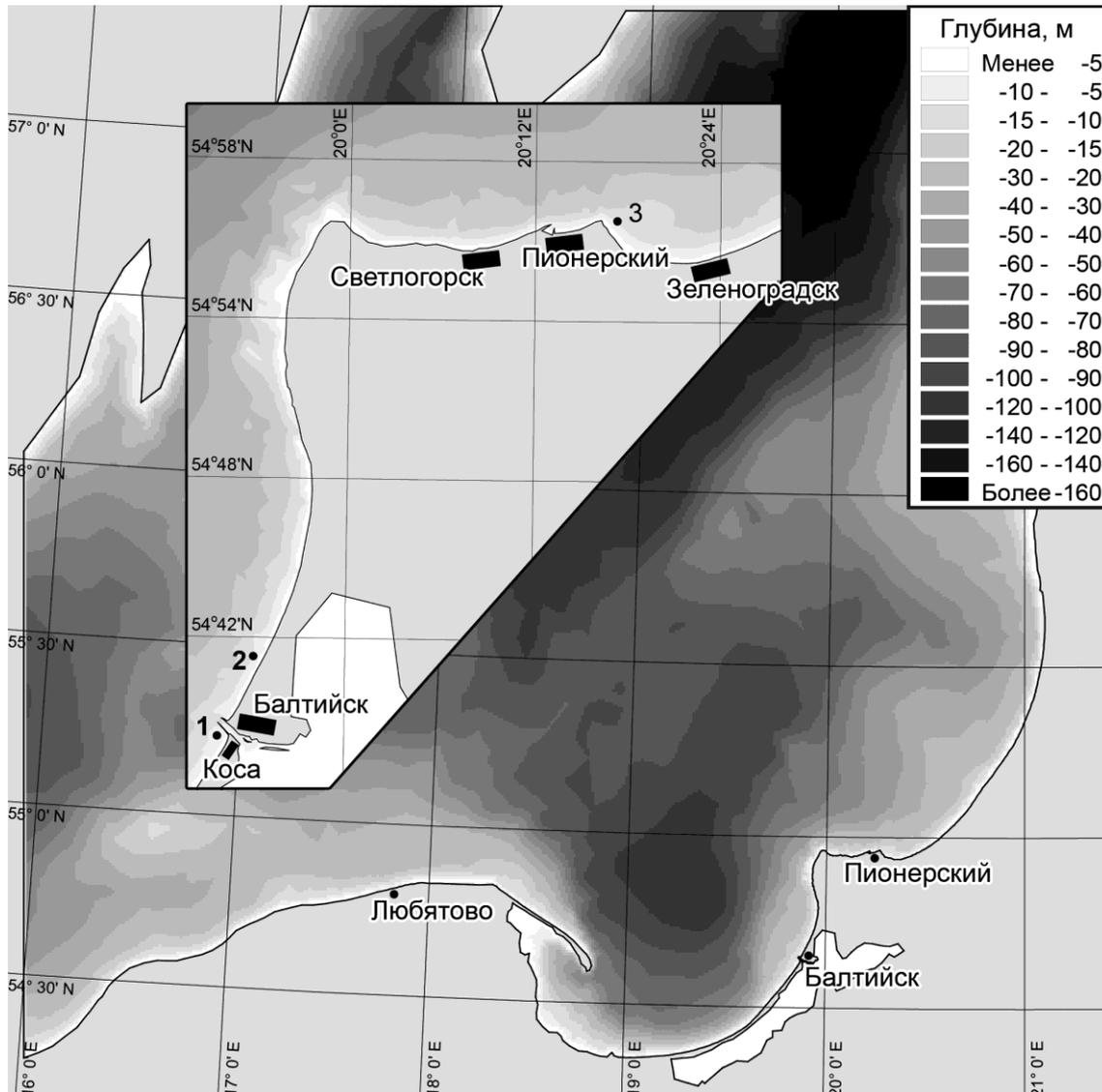


Рис. 1. Расчетная область и расположение морских отвалов материала дноуглубления: 1 – экспериментальный отвал 2006 г.; 2 – морской отвал для сброса материала дноуглубления Калининградского морского канала; 3 – морской отвал для сброса материала дноуглубления порта Пионерский

Fig. 1. Computational domain and locations of the dumping sites: 1 – an experimental dumping site in 2006; 2 – a dumping site for dredged material from the Kaliningrad Sea Canal; 3 – a dumping site for dredged material from the Port Pionerskiy

МЕТОД

Численные эксперименты были выполнены с использованием программного комплекса MIKE разработки DHI Software [8]. Рассматривалась трехмерная постановка (10 слоев по глубине, сигма-координаты). Расчетная область охватывала центральную часть Балтийского моря (рис. 1). Использовались данные о глубинах, представленные в [9]. Размер сторон ячеек нерегулярной расчетной сетки варьировал от 5-7 км для открытого моря до 100 м вблизи точек сброса материалов дноуглубления. Все границы расчетной области были закрытыми. Единственной

движущей силой в модели был ветер, скорость и направление которого предполагались одинаковыми в пределах всей расчетной области.

Использовались три вычислительных модуля программного комплекса МИКЕ. Гидродинамический модуль обеспечивал решение уравнения мелкой воды в трехмерной постановке. Спектрально-волновой – баланса плотности волнового действия. С помощью модуля переноса взвеси рассчитывался транспорт взвешенных осадков с учетом их осаждения и повторного взмучивания. Все модули взаимодействовали между собой, обмениваясь необходимыми данными в процессе расчета.

Рассмотренный подход уже неоднократно применялся при проведении численных экспериментов [7, 10, 11] и продемонстрировал как свою эффективность, так и достаточную точность получаемых результатов при исследовании прибрежной зоны Юго-Восточной Балтики.

Каждый из модельных экспериментов, соответствующих одному из 24 сценариев, строился по следующей схеме:

1. Начальные условия: ветер отсутствует, море спокойное.
2. Над всей расчетной областью поднимается ветер фиксированного направления со скоростью 3 м/с.
3. Через 12 ч происходит сброс материалов дноуглубления в объеме 17000 м³ (как при экспериментальном сбросе на отвале №1 в 2006 г.). Продолжительность сброса 20 мин, объемный расход 14 м³/с. Сброс производится в верхнем слое водной толщи. Крупность осадка принималась равной 0.07 мм.
4. Скорость ветра как во время, так и в течение 12 ч после начала сброса остается постоянной (3 м/с), что дает возможность сформироваться на дне насыпи из сброшенного материала.
5. Начинается модельный шторм, и скорость ветра (без изменения направления) увеличивается до 5, 7, 10 или 15 м/с (четыре сценария), оставаясь постоянной в течение 24 ч.
6. Далее наступает период спокойной погоды со скоростью ветра 3 м/с, который длится 24 ч. За это время взмученный и перенесенный штормом материал осаждается в новом месте, образуя пятно, параметры которого фиксируются.
7. Глубины в местах сброса: для отвала №1 – 8,1 м; для отвала №2 – 8,8 м; для отвала №3 – 8,8 м.
8. Направления ветров (шесть сценариев): с юго-запада (225°), с запада (270°), с северо-запада (315°), с севера (0°), с северо-востока (45°) и с востока (90°).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты численных экспериментов представлены в таблице. В ней приведены также повторяемости ветров, что позволяет оценить реальную возможность возникновения той или иной ситуации. Следует отметить, что только ситуации, обозначенные “1”, способствуют реальному укреплению берега. Ситуации же, обозначенные “0.1”, теоретически тоже способствуют укреплению, но, поскольку толщина осевшего после взмучивания слоя крайне мала, реального укрепления не происходит.

Таблица. Поведение сброшенного на отвале материала под воздействием ветров разной скорости и направления

Table1. Behaviour of the sediments disposed at the dumping sites after the influence of different winds

Параметры реального ветра, м/с	Повторяемость, %	Параметры модельного ветра, м/с	Отвал		
			№ 1	№ 2	№ 3
ЮЗ, 2-5	5.16	ЮЗ, 5	-1	-1	0
ЮЗ, 6-9	7.19	ЮЗ, 7	0.1	0.1	-1
ЮЗ, 10-13	1.38	ЮЗ, 10	0.1	∞	1
ЮЗ, 14-17	0.24	ЮЗ, 15	∞	∞	∞
З, 2-5	4.01	З, 5	0	-1	0
З, 6-9	6.38	З, 7	-1	0.1	1
З, 10-13	2.76	З, 10	0.1	0.1	0.1
З, 14-17	0.74	З, 15	∞	∞	∞
СЗ, 2-5	6.04	СЗ, 5	0	0	0
СЗ, 6-9	5.55	СЗ, 7	-1	-1	1
СЗ, 10-13	1.06	СЗ, 10	-1	0.1	0.1
СЗ, 14-17	0.3	СЗ, 15	0.1	∞	∞
С, 2-5	5.97	С, 5	0	-1	1
С, 6-9	2.54	С, 7	0	0.1	1
С, 10-13	0.22	С, 10	-1	∞	0.1
С, 14-17	0.06	С, 15	0.1	∞	0.1
СВ, 2-5	5.44	СВ, 5	0	1	0
СВ, 6-9	1.01	СВ, 7	0	1	1
СВ, 10-13	0.03	СВ, 10	1	0.1	0.1
СВ, 14-17	-	СВ, 15	0.1	∞	∞
В, 2-5	9.46	В, 5	0	0	1
В, 6-9	1.62	В, 7	0	1	1
В, 10-13	0.3	В, 10	0	1	1
В, 14-17	-	В, 15	1	0.1	∞

Примечание. В таблице использованы следующие обозначения:

“1” – взмученный материал оседает у берега недалеко от отвала (происходит укрепление берега);

“-1” – осадки взмученного материала у берега не происходит, осадки уносятся в море не очень далеко от отвала;

“0” – материал остается на отвале, взмучивание не происходит ввиду слабости придонных течений;

“0.1” – взмученный материал дрейфует вдоль берега на расстояние до десятков километров, ввиду чего толщина осажденного слоя очень мала;

“∞” – материал полностью смывается с отвала и распределяется по огромной территории на площади десятков и сотен квадратных километров, толщина осажденного слоя практически равна нулю.

Можно заметить, что ветры со скоростью 5 м/с обычно не приводят к взмучиванию материала, осевшего на глубине 8-9 м (районы отвалов). Ветры же

со скоростью 15 м/с чаще всего полностью размывают осевший материал и разносят его на расстояние десятков километров. Толщина слоя осевших после такого шторма осадков практически равна нулю. Наиболее благоприятны с точки зрения берегозащиты ветры средней силы, со скоростями порядка 7-10 м/с. Также обращает на себя внимание тот факт, что для отвала №1 позитивных ситуаций всего две, а повторяемость благоприятного ветра практически нулевая. Для второго отвала ситуация чуть лучше, а для третьего более трети ветровых условий приводит к укреплению берега. Рассмотрим ситуации на отвалах более подробно.

Отвал №1. В силу особенности расположения отвала в углу между защитным молом и берегом (см. рис. 1) при ветрах в сторону берега придонные течения в районе отвала направлены от берега (компенсационный отток), поэтому взмученный модельным штормом материал уносится в море. При северо-восточном и восточном ветрах наблюдается структура течений, свойственная эффекту апвеллинга - придонные течения направлены к берегу (рис. 2б), в то время как течения в поверхностном слое ориентированы вдоль берега и слегка - в море. Такой характер течений в водяной толще приводит к тому, что взмученный модельным штормом материал дрейфует и осаждается вдоль берега Вислинской косы как в районе пос. Коса (наиболее размываемого участка), так и на расстояние до десятка километров от места сброса (рис. 2а). Оптимальными, с точки зрения берегозащиты, являются северо-восточные ветры со скоростью 7-10 м/с и восточные со скоростью 10-15 м/с.

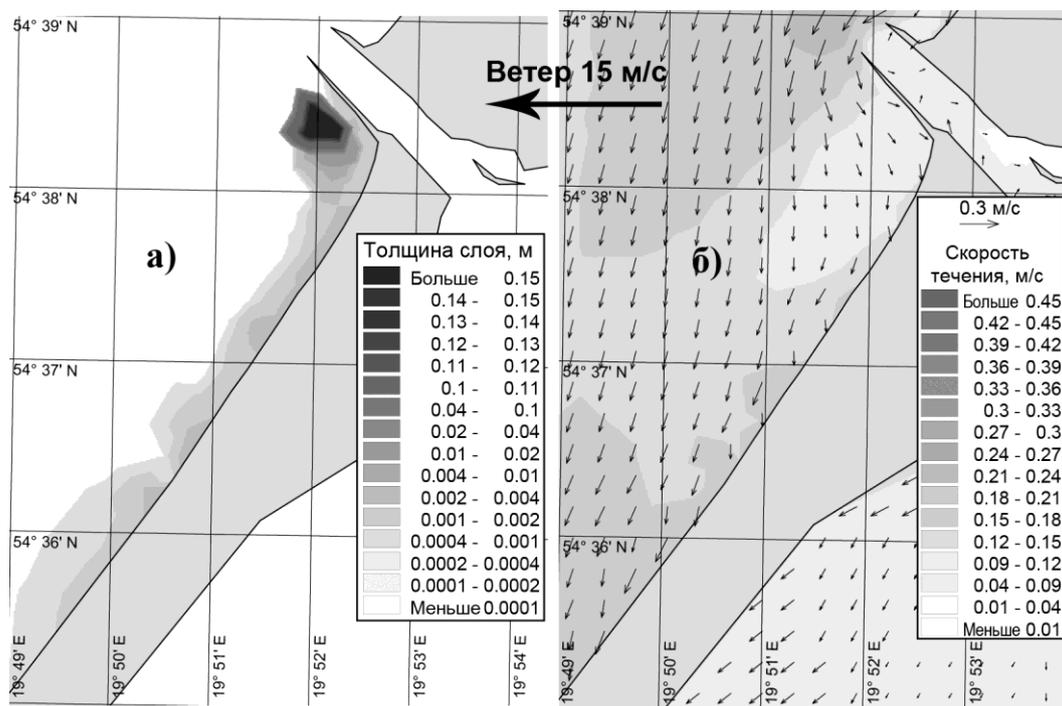


Рис. 2. Восточный ветер (90°) с максимальной скоростью 15 м/с: а) распределение материала, смытого с места сброса и перераспределенного штормом; б) придонные течения в конце штормового периода

Fig. 2. Eastern (90°) wind with the maximum speed of 15 m/s: a) a bed layer thickness of sediments redistributed from the dumping site; b) bottom currents at the end of wind action period

Отвал №2. Расчеты показали, что только ветры средней силы (7-10 м/с) с северо-восточного и сильные (10-15 м/с) с восточного направления приводят к осаждению взмученного на отвале материала вблизи берега и, соответственно, его возможному укреплению (рис. 3). Такое поведение можно объяснить теми же причинами, что и в случае отвала №1. Для северо-восточных и восточных ветров течения в придонном слое имеют заметную составляющую, ориентированную в сторону берега. Из рисунка видно, что с ростом скорости ветра увеличивается и расстояние, на которое переносится взмученный на отвале материал. Наблюдается осаждение материала как у входных молв Балтийского пролива, так и за южным молм, а также частичное проникновение материала в Вислинский залив.

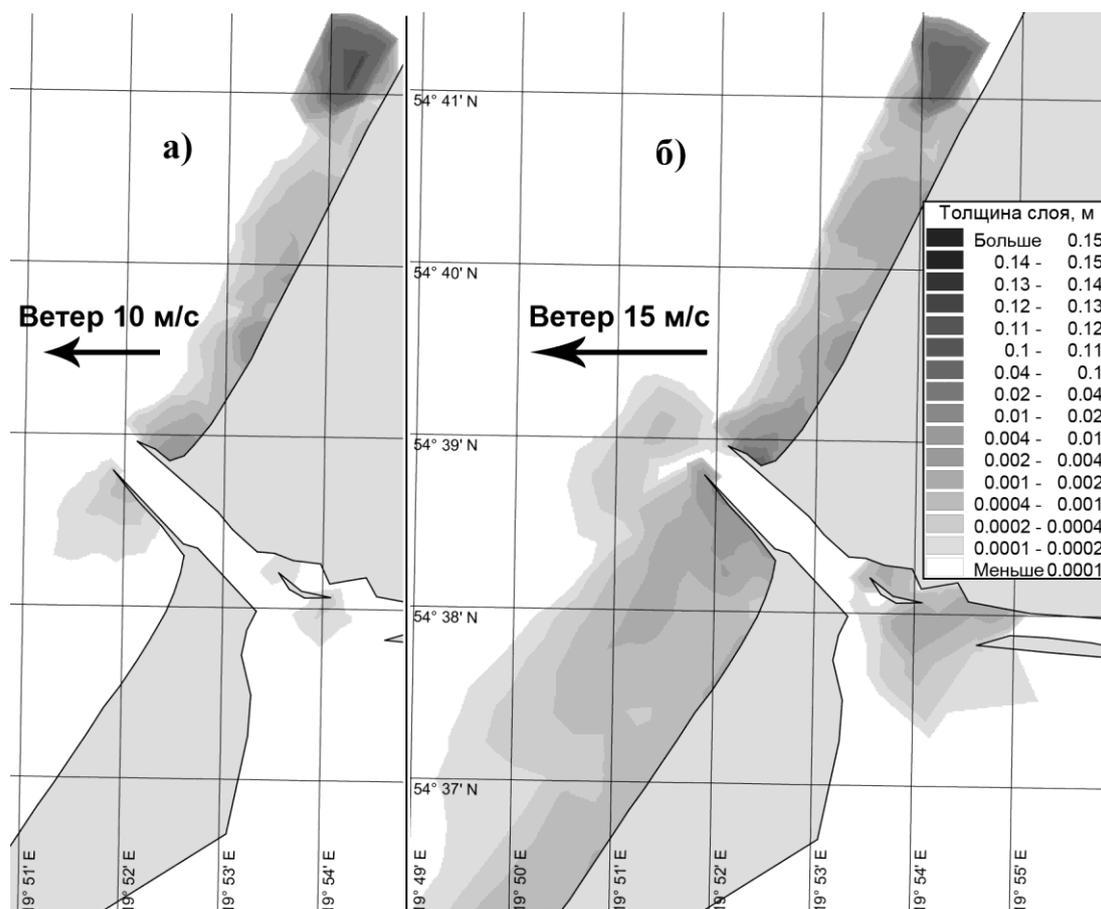


Рис. 3. Толщина слоя материалов, взмученных с отвала № 2 и осевших после шторма. Восточный ветер со скоростью 10 м/с (а) и 15 м/с (б)
 Fig. 3. Bed layer thickness of sediments suspended at dumping site № 2 and deposited after storm. Eastern wind with the speed of 10 m/s (a) and 15 m/s (b)

Отвал №3. Отмечается целый спектр ситуаций, при которых происходит транспорт взвеси к берегу (таблица). Как видно из таблицы, для любых направлений ветра существуют скорости, при которых наблюдается необходимый эффект. Чаще всего положительный эффект дают ветры средней силы (7-10 м/с). Для северного и восточного направлений осаждение взвеси у берега отмечается и

при слабых ветрах (5 м/с). На рис. 4 приведены некоторые из ситуаций, при которых наблюдается укрепление берега.

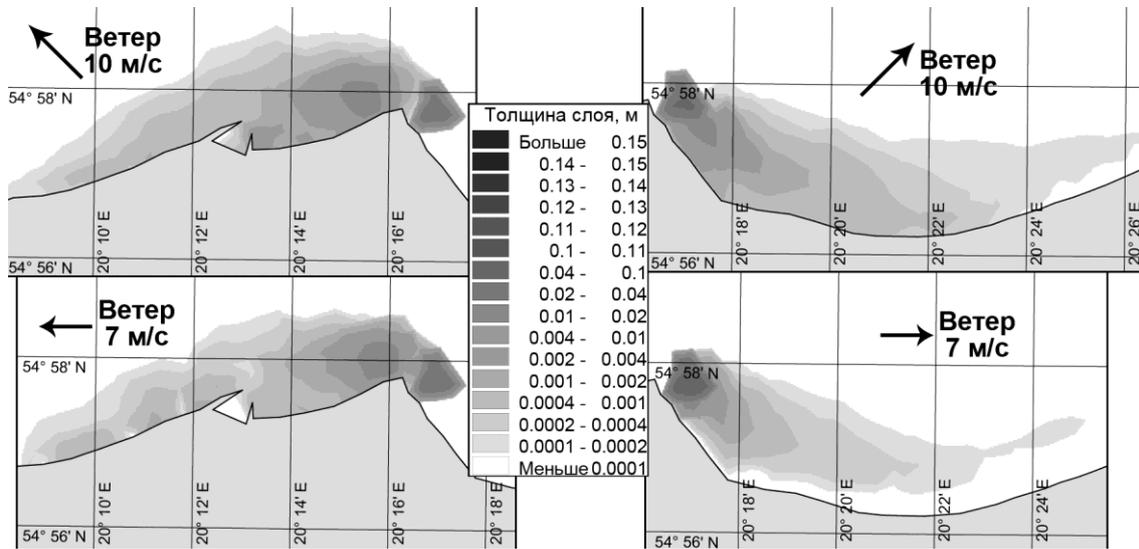


Рис. 4. Толщина слоя материалов, взмученных с отвала № 3 и осевших после шторма. Примеры благоприятных ситуаций
 Fig. 4. Bed layer thickness of sediments suspended at dumping site № 3 and deposited after storm. Favorable condition examples

ВЫВОДЫ

С точки зрения потенциальной защиты берега за счет естественной транспортировки материала дноуглубления, захороненного на морских отвалах, расположенных на глубинах 8-9 м, наиболее благоприятными являются ветры средней силы со скоростями порядка 7-10 м/с, при определенных условиях - до 15 м/с.

Возможность транспортировки материала на берег зависит от благоприятного сочетания нескольких факторов: скорости ветра, его направления, простирания берега и его конфигурации. Наиболее позитивными являются ситуации, когда возникает апвеллинг и скорости течений в придонном слое имеют составляющую, направленную на берег.

Для отвалов, расположенных на западном побережье Самбийского п-ова (№1 и 2), ветры, направленные вдоль берега (на юго-восток) или в сторону моря, могут приводить к переносу взвеси к берегу, однако повторяемость подобных ветров крайне незначительна – не более 8%. Для морского отвала №3 на северном побережье Самбийского п-ова повторяемости благоприятных ветров заметно выше и составляют в сумме 34%.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования были поддержаны грантами Российского научного фонда: для морских отвалов № 1 и 2 грантом 14-17-00547 «Разработка прогноза развития аккумулятивных берегов бесприливных морей России», для отвала № 3 грантом 14-37-00047 «Геоэкологические условия морского природопользования в российском секторе Юго-Восточной Балтики», подготовка данных и модели проведена в рамках темы № 0149-2014-0017 Государственного задания ИО РАН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Айбулатов, Н. А. Антропогенные факторы в развитии прибрежной зоны Балтийского моря / Н. А. Айбулатов, О. В. Басс // Водные ресурсы. – 1983. – №3. – С. 127-134.
2. Basinski T., Zmudzinski L., Poland. / In H.J. Walker (Ed.), Artificial structures and shorelines, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London. 1988. – P. 67-80.
3. Boldyrev V.L. USSR – Baltic Sea. / In H.J. Walker (Ed.), Artificial structures and shorelines, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London. 1988. – P. 47-52.
4. Болдырев, В. Л. Свалки и отвалы грунта в море – проблема наших дней / В. Л. Болдырев // Морская индустрия. - 1999. - № 2. - С. 41-43.
5. Gulbinskas, S., Trimonis, E., Blažauskas, N., Michelevičius, D. Sandy deposits study offshore Lithuania, SE Baltic Sea. *Baltica*. 2009. Vol. 22, No 1. P. 1–9.
6. О динамике береговой зоны моря в районе оградительных молов Калининградского морского канала / В. А. Чечко и [др.] // Водные ресурсы. - 2008. - Т. 35, № 6. - С. 681-691.
7. Chechko, V., Sokolov, A., Chubarenko, B., Dikii, D., Topchaya, V. Dynamics of sediments disposed in the marine coastal zone near the Vistula Lagoon inlet, south-eastern part of the Baltic Sea // *Baltica* – 2015. – 28 (2). – P. 189-199.
8. MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM Hydrodynamic and Transport Module. Scientific Documentation. DHI Water and Environment, Horsholm. – 2005. – 48 p.
9. Seifert T., Kayser B. A high resolution spherical grid topography of the Baltic Sea // *Meereswissenschaftliche Berichte*, 1995, № 9, P. 72-88.
10. Sokolov A., Chubarenko B. Wind Influence on the Formation of Nearshore Currents in the Southern Baltic: Numerical Modelling Results // *Archives of Hydroengineering and Environmental Mechanics*. – 2012. – 59 (1-2). – P. 37-48.
11. Соколов, А. Н. Анализ возможного влияния климатических изменений на параметры ветрового волнения в прибрежной зоне Юго-Восточной Балтики / А. Н. Соколов, Б. В. Чубаренко // Известия КГТУ. – 2014. – №34. – С. 43-51.

REFERENCES

1. Ajbulatov N. A., Bass O. V. Antropogennye faktory v razvitii pribrezhnoj zony Baltijskogo morja [Anthropogenic factors in the development of the Baltic Sea coastal zone]. *Vodnye resursy*, 1983, no. 3, pp. 127-134.
2. Basinski T., Zmudzinski L., Poland. In H. J. Walker (Ed.), Artificial structures and shorelines, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London. 1988, pp. 67-80.
3. Boldyrev V. L. USSR – Baltic Sea. In H.J. Walker (Ed.), Artificial structures and shorelines, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London. 1988, pp. 47-52.
4. Boldyrev V. L. Svalki i otvaly grunta v more – problema nashih dnei [Damping sites and heaps in the sea – a problem of today]. *Morskaja industrija*, 1999, no. 2, pp. 41-43.

5. Gulbinskas S., Trimonis E., Blažauskas N., Michelevičius D. Sandy deposits study offshore Lithuania, SE Baltic Sea. *Baltica*. 2009, vol. 22, no 1, pp. 1-9.
6. Chechko V. A., Chubarenko B. V., Boldyrev V. L., Bobykina V. P., Kurchenko V. Ju., Domnin D. A. O dinamike beregovoj zony morja v rajone ograditel'nyh molov Kaliningradskogo morskogo kanala [Dynamics of the marine coastal zone of the sea near the entrance moles of the Kaliningrad Sea Canal]. *Vodnye resursy*, 2008, vol. 35, no. 6, pp. 681-691.
7. Chechko V., Sokolov A., Chubarenko B., Dikii D., Topchaya V. Dynamics of sediments disposed in the marine coastal zone near the Vistula Lagoon inlet, south-eastern part of the Baltic Sea. *Baltica*, 2015, no. 28 (2), pp. 189-199.
8. MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM Hydrodynamic and Transport Module. Scientific Documentation. DHI Water and Environment, Horsholm. 2005, 48 p.
9. Seifert T., Kayser B. A high resolution spherical grid topography of the Baltic Sea. *Meereswissenschaftliche Berichte*, 1995, no. 9, pp. 72-88.
10. Sokolov A., Chubarenko B. Wind Influence on the Formation of Nearshore Currents in the Southern Baltic: Numerical Modelling Results. *Archives of Hydroengi-neering and Environmental Mechanics*. 2012, no. 59 (1-2), pp. 37-48.
11. Sokolov A. N., Chubarenko B. V. Analiz vozmozhnogo vlijanija klimaticeskikh izmenenij na parametry vetrovogo volnenija v pribrezhnoj zone Jugovostochnoj Baltiki [Analysis of possible influence of climate changes on the wind wave parameters in the nearshore zone of the South-Eastern Baltic]. *Izvestija KGTU*, 2014, no. 34, pp. 43-51.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Соколов Андрей Николаевич – Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, старший научный сотрудник; БФУ им. Канта, кандидат технических наук, доцент; E-mail: AnSokolov@kantiana.ru

Sokolov Andrei Nikolaevich – Atlantic Branch of the P. P. Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Senior Researcher; Immanuel Kant Baltic Federal University, Associate Professor; Ph.D; E-mail: AnSokolov@kantiana.ru

Чубаренко Борис Валентинович – Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, заведующий лабораторией прибрежных систем; БФУ им. Канта, старший научный сотрудник; кандидат физ.-мат. наук; E-mail: chuboris@mail.ru

Chubarenko Boris Valentinovich – Atlantic Branch of the P. P. Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Coastal Systems Study; Immanuel Kant Baltic Federal University, Senior Researcher; Ph.D; E-mail: chuboris@mail.ru

УДК 598.235.4 (470.26)

РАЦИОН БОЛЬШОГО БАКЛАНА И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГНЕЗДОВЫХ
КОЛОНИЙ НА РЫБНЫЕ ЗАПАСЫ КУРШСКОГО ЗАЛИВА

К. В. Чайка, Г. В. Гришанов

GREAT CORMORANT DIET AND ASSESMENT OF THE IMPACT
OF BREEDING COLONIES ON FISH STOCK IN THE CURONIAN LAGOON

K. V. Chaika, G. V. Grishanov

Основу пищевого рациона большого баклана на территории Калининградской области в период гнездования составляют 18 видов рыб, относящихся к восьми семействам. По данным анализа пеллет, доминирующими по численности в рационе баклана видами являются обыкновенный ерш - 30,2; бычок-кругляк - 29,1; речной окунь - 22,1 и плотва - 19,8 %. Представители сем. окуневые (Percidae) составили 43,7 % по количеству особей, бычковые (Gobiidae) и карповые (Cyprinidae) – соответственно 27,9 и 24,5 % общей численности рыб, отловленных большим бакланом. Общая доля видов этих трех семейств в добыче - 96,1 %. Среди остальных семейств наиболее многочисленными были сельдевые (Clupeidae) – 2,9 %. Средняя длина рыбы, по данным анализа пеллет, составила $15,1 \pm 3,3$ см. Большая часть (78,3 %) идентифицированной рыбы была менее 12 см. Самым крупным объектом был судак, длина которого составила 37,7 см. Доминируют особи размерного ряда от 13 до 20 см – 59,1 %. Особи длиной более 22 см встречаются редко (0,6 %). Предварительная оценка влияния баклана на рыбные запасы Куршского залива сводится к регулярному изъятию 18 видов рыб, общей биомассой до 3086 т в год, из которых 2255 т приходится на промысловые виды. Однако с учетом того, что многие виды включены в список промысловых формально, реальная степень конкуренции с рыболовным промыслом не может оцениваться только через изъятие конкретного объема биомассы, без учета комплексной роли большого баклана в экосистеме Куршского залива.

*большой баклан *Phalacrocorax carbo sinensis*, рацион, гнездовая колония, Куршский залив*

The basis of the food ration of the great cormorant during the nesting period in the Kaliningrad region includes 18 fish species of 8 families. The dominant species in the diet by abundance according to the analysis of cormorants' pellets are ruff – 30.2%, round goby – 29.1%, perch – 22.1% and roach – 19.8%. Representatives of percidae accounted for 43.7% in number of individuals, gobiidae and cyprinidae – were 27.9% and 24.5% respectively. The total number of three families is 96.1%. Among the other families the most numerous were clupeidae – 2.9%. The average length of the fish, according to the analysis of pellets amounted to 15.1 ± 3.3 cm. The majority (78.3%) of identified fishes was less than 12 cm. The largest object was perch, whose length was 37.7 cm. Individuals with body length > 22 cm are rare (0.6%). Preliminary assessment of the cormorants impact on fish stocks in the Curonian lagoon comes down to the

regular consumption of 18 fish species, with the total biomass of up to 3086 tons per year, of which 2255 tons falls on the target species. However, given the fact that many species are included in the list of target species on paper only, the real degree of competition with fisheries cannot be evaluated only as consumption of a particular biomass, without taking into account the complex role of the great cormorant in the ecosystem of the Curonian Lagoon.

Phalacrocorax carbo sinensis, diet, breeding colony, the Curonian Lagoon

ВВЕДЕНИЕ

Большой баклан (*Phalacrocorax carbo sinensis*) – широко распространенный вид птиц-ихтиофагов. Потребляя наиболее массовые виды рыб с высокой долей ослабленных и паразитарно инвазированных особей, он проявляет себя как хищник-генералист [1]. При выборе местообитаний баклан отдает предпочтение относительно защищенным и мелким прибрежным районам озер, водохранилищ, пойм и дельт рек, заливов, рек, каналов и других водно-болотных местообитаний [1]. В Калининградской области гнездовые колонии баклана располагаются у юго-западного побережья Куршского залива и близ устья р. Деймы на южном побережье Куршского залива [2].

Рост численности европейских популяций большого баклана ведет к обострению конкурентных взаимоотношений с рыболовным промыслом. Природопользователи считают, что высокая численность большого баклана приводит к истощению рыбных запасов Куршского залива и Балтийского моря. Однако неоднократно показано, что степень воздействия большого баклана на популяции рыб в высокопродуктивных водоемах неоднозначна [3, 4]. Объем потребляемой рыбы может быть существенным, но, несмотря на это, в большинстве случаев баклан не оказывает негативного воздействия на рыбные запасы природных водоемов [1], хотя может наносить значительный ущерб рыбопроизводным хозяйствам [1].

Оценка влияния большого баклана на запасы рыбных ресурсов Куршского залива остается актуальной проблемой, решение которой невозможно без детального анализа рациона птиц, формирующих гнездовые колонии на территории Калининградской области.

Целью настоящей работы было исследование рациона большого баклана из двух гнездовых колоний на побережье Куршского залива.

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Определить пищевой спектр большого баклана в период размножения в гнездовых колониях на побережье Куршского залива.
2. Определить количественные параметры рациона большого баклана.
3. Дать предварительную оценку доли изъятия птицами рыбных ресурсов залива и возможной роли большого баклана как конкурента рыболовному промыслу.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в гнездовой период с апреля по август 2014 – 2015 гг. в двух колониях на побережье Куршского залива. Сбор материала осуществлялся от двух до четырех раз в месяц. На территории колоний отбирались только свежие и полностью сохранившиеся пеллеты (погадки), которые помеща-

лись в пластиковые пакеты, этикетировались и подвергались заморозке. При камеральной обработке каждую пробу выдерживали в мыльном растворе в течение двух-трех дней. После того как мукус (защитный секрет, выделяемый слизистыми оболочками желудка птицы, покрывающий пеллету) растворялся, погадки промывались в холодной воде через сито с размером ячеек 0,3 мм. Непереваренные кости и другие твердые остатки, полученные при анализе пеллет (отолиты, глоточные зубы, челюсти, жевательные подушечки и позвонки), просушивались, а затем измерялись с точностью до 0,1 мм. Количество особей рыб, съеденных большим бакланом, рассчитывалось по наибольшему числу совпадений левой или правой сторон парных структур (для сагиттальных отолитов и глоточных зубов) или других непарных твердых остатков (жевательных подушечек) для каждого вида рыб. Идентификация проводилась с использованием определителей [5, 6], а также путем сравнения с коллекцией костей и отолитов рыб Куршского залива и Балтийского моря и с опубликованными морфометрическими данными [3, 4]. Общая длина рыбы (TL) рассчитывалась с использованием соотношений между длиной костной структуры и длиной рыбы. Общая длина карповых рассчитывалась с учетом длины отолитов или длины жевательных подушечек, длина судака – с учетом длины отолитов или длины верхней челюсти, TL остальных видов рассчитывался с учетом длины отолитов. В данном исследовании не применялись поправочные коэффициенты эрозии отолитов и других костных структур, однако при сравнении с имеющейся коллекцией отолитов производилась визуальная коррекция, компенсирующая эрозию.

Отдельно фиксировались данные о видовой принадлежности и длине рыб, утерянных взрослыми птицами при кормлении и вспугивании. Всего было проанализировано 868 особей рыб (393 особи в 2014 г., 475 – в 2015 г.). Идентификация происходила с использованием справочников-определителей [7]. Достоверность данных по сезонным колебаниям проверялась с использованием критерия хи-квадрат (программа IBM SPSS Statistics 23).

Дискуссионным является вопрос о суточной норме потребления рыбы большим бакланом. В нашей работе на основании данных ряда исследований [8] было принято, что в течение всего гнездового периода суточный рацион взрослой особи составляет 542 г, вне гнездового периода – 436, для птенцов в возрасте до одного месяца – 433, для птенцов старших возрастов – 436 г. Расчет доли изъятия рыбных запасов Куршского залива выполнен за период с середины февраля по конец августа, при этом объем потребления птицами рыбных ресурсов рассчитывался, исходя из современной численности гнездящихся пар на территории колоний близ устья р. Дейма на южном (9050 пар) и юго-западном (750 пар) побережьях Куршского залива. В качестве показателя успешности размножения птиц (необходимого для расчетов доли изъятия) использован показатель 2,66-2,72 птенца на одну пару, определенный ранее для колонии большого баклана в Юодкранте [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего было идентифицировано 3629 объектов питания, относящихся к 18 видам и 8 семействам класса костных рыб (табл. 1). В ходе камеральной обработки 86 пеллет (44 – в 2014 г. и 42 – в 2015 г.) были проанализированы 2446 твердые частицы, из которых 1547 составляли отолиты (табл. 2). Среди

твердых частиц в одной из проб, собранных в 2014 г., были обнаружены фрагменты экзоскелета обыкновенной креветки (*Crangon crangon*), в нескольких пробах раковины съедобной мидии (*Mytilus edulis*), речной дрейссены (*Dreissena polymorpha*) и балтийской макамы (*Macoma balthica*), что, вероятнее всего, является следствием вторичного потребления (заглатывания рыб, основными кормовыми объектами которых являются моллюски).

Частота встречаемости четырех доминирующих видов в рационе большого баклана по данным анализа пеллет составила: обыкновенный ерш (*Gymnocephalus cernua*) - 30,2; бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus*) - 29,1; речной окунь (*Perca fluviatilis*) - 22,1 и плотва - 19,8 % (табл. 2). Для остальных видов она не превышала 6 %: 5,8 - у леща (*Abramis brama*), 2,3 - у густеры (*Blicca bjoerkna*) и судака (*Sander lucioperca*) и 1,2 - у язя (*Leuciscus idus*).

Представители сем. окуневые (Percidae) составили 43,7 % по количеству особей (табл. 1), бычковые (Gobiidae) и карповые (Cyprinidae) – соответственно 27,9 и 24,5 % общей численности рыб, отловленных большим бакланом. Общая доля видов этих трех семейств в добыче - 96,1 %. Среди остальных семейств наиболее многочисленными были сельдевые (Clupeidae) – 2,9 %.

Таблица 1. Состав рациона большого баклана из колоний на побережье Куршского залива (Калининградская область) в 2014-2015 гг.

Table 1. Diet composition of the great cormorant from the colonies on the coast of the Curonian Lagoon (the Kaliningrad region) in 2014-2015

№ п/п	Вид	Экологическая группа рыб	Кол-во особей	Год		Доля по кол-ву, %
				2014	2015	
1	2	3	4	5	6	7
Сельдевые (Clupeidae)						
1	Салака (<i>Clupea harengus</i>)	М	4	+		0,2
2	Финта (<i>Alosa fallax</i>)	П	1	+		0,05
3	Балтийская килька (<i>Sprattus sprattus</i>)	М	51	+		2,6
Корюшковые (Osmeridae)						
4	Европейская корюшка (<i>Osmerus eperlanus</i>)	П	5	+	+	0,3
Карповые (Cyprinidae)						
5	Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)	ПВ	387	+	+	19,7
6	Густера (<i>Blicca bjoerkna</i>)	ПВ	32	+	+	1,6
7	Лещ (<i>Abramis brama</i>)	ПВ	16	+	+	0,8
8	Язь (<i>Leuciscus idus</i>)	ПВ	4		+	0,2
9	Пескарь (<i>Gobio gobio</i>)	ПВ	1		+	0,05
10	Красноперка (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	ПВ	31	+	+	1,6
11	Чехонь (<i>Pelecus cultratus</i>)	ПВ	10	+		0,5
Налимовые (Lotidae)						
12	Налим (<i>Lota lota</i>)	ПВ	1	+		0,05
Окуневые (Percidae)						
13	Ерш обыкновенный (<i>Gymnocephalus cernua</i>)	ПВ	834	+	+	37,4
14	Окунь речной (<i>Perca fluviatilis</i>)	ПВ	108	+	+	5,5
15	Судак (<i>Sander lucioperca</i>)	ПВ	16		+	0,8
Песчанковые (Ammodytidae)						
16	Балтийская песчанка (<i>Ammodytes tobianus</i>)	М	9	+		0,5

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Бычковые (Gobiidae)						
17	Бычок-кругляк (<i>Neogobius melanostomus</i>)	М (ПВ)	447	+	+	27,9
Саргановые (Belonidae)						
18	Европейский сарган (<i>Belone belone</i>)	М	6	+		0,3
Всего			1963	15	11	100

Условные обозначения: ПВ – пресноводные; М – морские; П – проходные.

Средняя длина рыбы (TL), по данным анализа пеллет, составила $15,1 \pm 3,3$ см. Большая часть (78,3 %) идентифицированной рыбы была менее 12 см. Самый крупный объект – судак, длина которого составила 37,7 см (табл. 2).

Таблица 2. Средняя длина и доля различных видов рыб в рационе большого баклана по данным анализа пеллет

Table 2. Average length and percentage of different fish species in the diet of great cormorant according to pellets analysis

№ п/п	Вид	Кол-во особей	Доля по кол-ву, %	Частота встречаемости, %	Средняя длина (TL), см (SD)	Мак длина, см
1	Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)	40	5,1	19,8	12,0 (3,4)	22,2
2	Густера (<i>Blicca bjoerkna</i>)	2	0,3	2,3	11,6 (3,4)	16,7
3	Лещ (<i>Abramis brama</i>)	7	0,9	5,8	16,7 (4,3)	26,7
4	Язь (<i>Leuciscus idus</i>)	1	0,1	1,2	12,4 (1,7)	13,5
5	Ерш обыкновенный (<i>Gymnocephalus cernua</i>)	473	61,2	30,2	7,5 (2,3)	15,7
6	Окунь речной (<i>Perca fluviatilis</i>)	38	4,8	22,1	11,7 (4,6)	22,6
7	Судак (<i>Sander lucioperca</i>)	2	0,1	2,3	35,9 (2,7)	37,8
8	Бычок-кругляк (<i>Neogobius melanostomus</i>)	213	27,5	29,1	12,9 (4,0)	24,7

Только девять видов рыб встречались в рационе большого баклана на протяжении всего периода исследования (см. табл. 1). Ерш, бычок-кругляк и речной окунь были наиболее значимыми в пищевом спектре как в 2014 г., так и в 2015 г. Доля каждого из четырех основных видов по численности статистически достоверно различалась в 2014 и 2015 гг. ($\chi^2=69,5$; $p<0,001$), при этом значимость ерша, окуня и плотвы в пищевом спектре баклана в 2015 г. возросла с 19,5 до 29 %, с 1,3 до 2,5 % и с 1,0 до 3,5 % соответственно, а доля бычка-кругляка сократилась более, чем в два раза с 15,2 до 6,3 %.

Оценка степени изъятия рыбных запасов Куршского залива популяцией большого баклана (табл. 3) показала, что от общего запаса биомассы рыбы в Куршском заливе (12620 т; данные ФГБНУ «АтлантНИРО» по основным видам промысловых рыб за 2014 г.), большой баклан изымает 24,4% (3086 т). Однако после исключения из расчетов доминирующего в рационе баклана бычка-кругляка, не являющегося промысловым объектом, доля изъятия сокращается до 17,9 % (2255 т). Доля вылова юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями составляет 25 % (3154 т). Указанная оценка доли вылова включает 13 промысловых видов рыб, таких как лещ, судак, чехонь, плотва, ко-

рыбка европейская, угорь речной, окунь, щука, налим, снеток, ерш, финта, сиг, и рыб, отнесенных к категории «прочие» [10].

Таблица 3. Вероятный годовой объем изъятия рыбы большим бакланом в Калининградской области

Table 3. Probable annual fish consumption by the great cormorant in the Kaliningrad region

Месяц (дни)	Число особей, взрослые и (птенцы)		Суточный рацион одной особи, кг		Вероятный объем изъятия, т		
	ГК-1 ¹	ГК-2 ²	взрослые	птенцы	ГК-1 ¹	ГК-2 ²	всего
Февраль (15)	9050	750	0,436	-	59,2	4,9	64,1
Март (31)	18100	1500	0,436	-	244,6	20,3	264,9
Апрель (30)	18100	1500	0,542	-	294,3	24,4	318,7
Май (31)	18100 (25000)	1500 (2000)	0,542	0,433	639,7	52,0	691,7
Июнь (30)	18100 (20000)	1500 (1800)	0,542	0,436	555,9	47,9	603,8
Июль (31)	18100 (17000)	1500 (1600)	0,542	0,436	533,9	46,8	580,7
Август (31)	18100 (15750)	1500 (1450)	0,542	0,436	517,0	44,8	561,8
Всего							3085,8

Примечание: ¹ГК-1 (гнездовая колония 1) - колония близ устья р. Деймы на южном побережье Куршского залива; ²ГК-2 (гнездовая колония 2) - гнездовая колония на юго-западном побережье Куршского залива.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ пеллет (в русскоязычной литературе - погадок) – метод, широко используемый для определения рациона большого баклана в странах балтийского региона [3, 4, 11]. К недостаткам данного метода относят недооценку размеров рыб вследствие эрозии костных структур, а также недостаточную представленность мелких видов рыб, чьи отолиты полностью разрушаются в пищеварительном тракте птиц [12]. Однако комбинация анализа пеллет и данных, полученных путем идентификации и измерения рыб, обнаруженных на территории колонии, позволяет сделать оценку пищевого спектра достаточно точной.

Географическое положение обеих гнездовых колоний баклана на территории Калининградской области обеспечивает доступ птиц как к водам Куршского залива, так и к Балтийскому морю. Данные нашего анализа показали, что доля морских видов была незначительной, и в дальнейшем мы обсуждаем вопрос исходя из представлений, что доминирующие по численности в рационе большого баклана виды, в частности, ерш, плотва и окунь, относятся к промысловым видам Куршского залива.

В состав ихтиофауны Куршского залива входят 53 вида рыб из 18 семейств, при этом основу ихтиофауны составляют виды семейства карповых и окуневых [13]. По нашим данным, в рационе баклана было выявлено 18 видов рыб из восьми семейств. Исследования гнездовой колонии близ г. Юодкранте (Куршская коса) показали, что в рацион большого баклана входят 25 видов рыб, относящихся к 16 семействам. Основу рациона образуют такие виды рыб, как ерш (40,4 %), окунь (20,5 %) и плотва (16,9 %), составляя суммарно 77,7 % всей добываемой птицами рыбы. Другие виды рыб составляли незначительную часть

питания большого баклана, не превышая 4 % встречаемости. В то время как в гнездовой колонии в Каты Рыбацкие (Польша) расположенной вблизи моря и Вислинского залива, доля морских видов в рационе близка к 30 % по биомассе [11].

Большой баклан, гнездящийся в Калининградской области, преимущественно питается рыбой мелких размеров (см. табл. 2). Сходный состав рациона установлен и в колонии близ Юодкранте [4], где длина большинства объектов добычи птиц не превышала 12, а в колонии в Каты Рыбацкие – 10 см [11]. Средняя длина рыбы, найденной в пеллетах, составляла $15,1 \pm 3,3$ см. Рыбы длиной более 12 см составляли 21,7 % особей. При этом на рыб размером более 18 см приходилось лишь 4,5 %. Литовскими авторами отмечено, что рост доли рыбы мелких размеров может быть следствием сокращения численности хищных видов, особенно судака, вследствие коммерческого вылова [4].

Частота встречаемости четырех доминирующих видов в рационе большого баклана по данным анализа пеллет составляла (%): 30,2 - обыкновенного ерша, 29,1 - бычка-кругляка, 22,1 - речного окуня и 19,8 - плотвы (см. табл. 2). Ерш, окунь и плотва – доминирующие виды в пищевом спектре бакланов, гнездящихся в Балтийском регионе (Польша, Литва). Однако бычок-кругляк - инвазивный вид Понто-Каспийского происхождения, ранее не отмечался в числе видов-доминантов рациона баклана. В пеллетах большого баклана бычок-кругляк впервые найден в 2007 г. [14] и составлял 0,6% по числу. К 2010 г. доля бычка увеличилась до 3, а в 2013 – до 12 % [14]. Авторы предполагали, что при сохранении наблюдаемых ими тенденций бычок может стать важным пищевым объектом для большого баклана и серой цапли и, возможно, обусловит дальнейший рост их численности. В российской части Куршского залива данный вид был впервые встречен в 2010 г. [14] и к 2015 г., по нашим данным, составлял 27,9 % общего числа рыб в рационе баклана. Вполне ожидаем и дальнейший рост доли бычка по численности в пищевом спектре гнездящегося в Калининградской области баклана, как это уже произошло у зимующих в Гданьском заливе птиц, где доля бычка достигала почти 70 % [11].

Согласно нашим предварительным расчетам, за период с февраля по август популяцией большого баклана в Куршском заливе изымается не менее 3085,8 т рыбы (см. табл. 3). Однако при расчете объемов изъятия необходимо учитывать, что ведущую роль в рационе гнездящихся в Калининградской области больших бакланов играет не являющийся объектом промысла бычок-кругляк, на долю которого приходится 27,9 % рациона (по количеству). Таким образом, итоговая биомасса изъятых птицами промысловых видов рыб составляет 2255 т.

Начиная с середины февраля до начала марта, когда часть бакланов возвращается с мест зимовок на территорию колоний, расположенных в Калининградской области, птицы изымают из Куршского залива до 64,1 т рыбы. В марте и апреле все птицы возвращаются в колонии, и суммарный показатель изъятия за этот период составляет 583,6 т. В мае в гнездах появляются птенцы, поэтому объемы изъятия увеличиваются, достигая максимума за все время пребывания на колонии - 691,7 т (суммарно 19600 взрослых птиц и 27000 птенцов). Через два месяца птенцы окончательно покидают гнезда. Смертность больших бакланов в первые месяцы самостоятельной жизни составляет от 30 до 60% [1], для наших расчетов было использовано среднее значение 37% [1]. С учетом показателя

смертности птенцов суммарная численность птиц в августе снижается до 36800. В этот период потребление рыбы находится на уровне 561,8 т в месяц (см. табл. 3).

Промысловое рыболовство является одним из самых значимых антропогенных факторов, влияющих на продуктивность сообщества рыб в Куршском заливе. Так, по мнению литовских коллег [3], последствия воздействия промысловых предприятий и бакланов кардинальным образом отличаются. Известно, что цель промыслового рыболовства – крупные и зрелые рыбы, при вылове которых в значительной мере происходит уменьшение нерестового запаса. Бакланы, в свою очередь, охотятся, преимущественно, на молодых рыб небольшого размера, для которых уровень смертности в основном зависит от плотности их популяции, что дает основание минимизировать итоговые оценки ущерба от птиц, выраженные в объемах изъятия их биомассы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При оценке влияния большого баклана на рыбные ресурсы Куршского залива следует учитывать следующие особенности его питания:

- в рационе птиц преобладают малоценные в промысловом отношении виды рыб, представленные преимущественно особями мелких размеров;
- птицы периодически переходят на наиболее доступные массовые виды корма;
- определенная доля общего рациона приходится на добычу рыбы в Балтийском море, которая может быть весьма значительной в весенне-летний период;
- большой баклан является важной частью экосистемы залива, и роль птиц сводится не только к изъятию биомассы промысловых запасов рыбы, но и к влиянию на состояние кормовой базы ряда видов, а также изменение уровня конкуренции за ресурсы.

Предварительная оценка влияния баклана на рыбные запасы Куршского залива сводится к регулярному изъятию 18 видов рыб, общей биомассой до 3086 т в год, из которых 2255 т приходится на промысловые виды. Однако с учетом того, что многие виды включены в список промысловых формально, реальная степень конкуренции с рыболовным промыслом не может оцениваться только через изъятие конкретного объема биомассы, без учета комплексной роли большого баклана в экосистеме Куршского залива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. The INTERCAFE Field Manual: research methods for Cormorants, fishes, and the interactions between them / ed. D. Carss, R. Parz-Gollner & J. Trauttmansdorff/ ISBN 978-1-906698-08-9, 2012. - 145 p.
2. Grishanov, G. Status of the breeding population of Great Cormorants in the Kaliningrad region in Russia in 2012 / G. Grishanov, C. Chaika, I. Nigmatullin // Breeding numbers of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in the Western Palearctic, 2012-2013. IUCN-Wetlands International Cormorant Research Group Report. Scientific report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University. No. 99, 2014. P. 175-177.

3. Pūtys, Ž. Great cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* diet and its effect on fish populations and their community in the eutrophic Curonian lagoon ecosystem: Summary of doctoral dissertation / Pūtys Žilvinas - Vilnius, 2012. – 46 p.
4. Pūtys, Ž. Diet of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) at the Juodkrantė colony, Lithuania / Ž. Pūtys, J. Zarankaitė // Acta Zoologica Lituanica. – 2010. – Vol. 20 (3). – p. 179-289.
5. Otoliths of North Sea fish – fish identification key by means of otoliths and other hard parts / M. F. Leopold [et al.]. - ETI Amsterdam: World Biodiversity Database, 2001.
6. Härkönen, T. Guide to the otoliths of the bony fishes of the northeast Atlantic / T. Härkönen. - Hellerup, Denmark: Danbiu ApS, 1986. - 256 p.
7. Пресноводные рыбы. Карманный полевой справочник-определитель / под ред. О.В. Глушенкова. - Москва: Экосистема, 2013. - 124 с.
8. Salmi, J.A. Perch (*Perca fluviatilis*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) in the diet of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) and effects on catches in the Archipelago Sea, Southwest coast of Finland / J.A. Salmi, H. Auvinen, J. Raitaniemi, M. Kurkilahti, J. Lilja, R. Maikola // Fisheries Research. – 2015. – Т. 164. – Р. 26-34.
9. Žydelis R. Expansion of the Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) population in Western Lithuania / R. Žydelis, G. Gražulevičius, J. Zarankaite, R. Mečionis, M. Mačiulis // Acta Zoologica Lituanica - 2002. - Vol. 12, No. 3. - P. 283-287.
10. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2015 году» / под ред. Ю. В. Шитикова / Правительство Калининградской области. – Калининград, 2016. - 200 с.
11. Bzoma, S. Seasonal changes and intra-colony differentiation in the exploitation of two feeding grounds by Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* breeding at Kaṭy Rybackie (N Poland) / S. Bzoma, M. Goc, T. Brylski, L. Stempniewicz, L. Piiszko // Vogelwelt Suppl. - 2003. - № 124. – P. 175–181.
12. McKay, H.V. The limitations of pellet analysis in the study of cormorant *Phalacrocorax* spp. Diet / H.V. McKay, K.A. Robinson, D.N. Carss, D. Parrott // Vogelwelt Suppl. - 2003. - № 124. – P. 227–236.
13. Осадчий, В. М. Регулирование рыболовства и стратегия использования рыбных ресурсов в Куршском заливе: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Осадчий Виктор Михайлович. - Калининград, 2000. - 175 с.
14. Rakauskas, V. Increasing population of the invader round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae), and its trophic role in the Curonian Lagoon, SE Baltic Sea / V. Rakauskas, Ž. Pūtys, J. Dainys, J. Lesutienė, L. Ložys, K. Arbačiauskas // Acta Ichthyol. Piscat. - 2013. - 43 (2). – P. 95–108.

REFERENCES

1. The INTERCAFE Field Manual: research methods for Cormorants, fishes, and the interactions between them; ed. D. Carss, R. Parz-Gollner & J. Trauttmansdorff. ISBN 978-1-906698-08-9, 2012, 145 p.
2. Grishanov G., Chaika C., Nigmatullin I. Status of the breeding population of Great Cormorants in the Kaliningrad region in Russia in 2012. Breeding numbers of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in the Western Palearctic, 2012-2013. IUCN-Wetlands International Cormorant Research Group Report. Scientific report from DCE

– Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University. 2014, no. 99, pp. 175-177.

3. Pūtys Ž. Great cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* diet and its effect on fish populations and their community in the eutrophic Curonian lagoon ecosystem: Summary of doctoral dissertation / Pūtys Žilvinas - Vilnius, 2012, 46 p.

4. Pūtys, Ž. Diet of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) at the Juodkrantė colony, Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*. 2010, vol. 20 (3), pp. 179-289.

5. Leopold M. F. [et al.] Otoliths of North Sea fish – fish identification key by means of otoliths and other hard parts. ETI Amsterdam: World Biodiversity Database, 2001.

6. Härkönen T. Guide to the otoliths of the bony fishes of the northeast Atlantic. Hellerup, Denmark: Danbiu ApS, 1986, 256 p.

7. *Presnovodnye ryby. Karmannyi polevoy spravochnik-opredelitel'* [Freshwater fish. Pocket reference book], pod. red. O.V. Glushenkova. Moscow, Ekosistema, 2013, 124 p.

8. Salmi J. A., Auvinen H., Raitaniemi J., Kurkilahti M., Lilja J., Maikola R. Perch (*Perca fluviatilis*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) in the diet of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) and effects on catches in the Archipelago Sea, Southwest coast of Finland. *Fisheries Research*. 2015, vol. 164, pp. 26-34.

9. Žydelis R., Gražulevičius G., Zarankaite J., Mečionis R., Mačiulis M. Expansion of the Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) population in Western Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*, 2002, vol. 12, no. 3, pp. 283-287.

10. Gosudarstvennyy doklad “*Ob ekologicheskoy obstanovke v Kaliningradskoy oblasti v 2015 godu*” pod. red. Yu. V. Shitikova. *Pravitel'stvo Kaliningradskoy oblasti* [State report “On ecological situation in the Kaliningrad region in 2015” edited by Yu. Shitikov. The government of the Kaliningrad region]. Kaliningrad, 2016, 200 p.

11. Bzoma S., Goc M., Brylski T., Stempniewicz L., Iliszko L. Seasonal changes and intra-colony differentiation in the exploitation of two feeding grounds by Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* breeding at Kąty Rybackie (N Poland). *Vogelwelt Suppl.* 2003, no. 124, pp. 175-181.

12. McKay H. V., Robinson K. A., Carss D. N., Parrott D. The limitations of pellet analysis in the study of cormorant *Phalacrocorax* spp. *Diet. Vogelwelt Suppl.* 2003, no. 124, pp. 227-236.

13. Osadchiy V. M. *Regulirovanie rybolovstva i strategiya ispol'zovaniya rybnykh resursov v Kurshskom zalive. Diss. kand. biol. nauk* [Fishery regulation and a strategy for fishery resources management in the Curonian Lagoon. PhD thesis in Biological Science]. Kaliningrad, 2000, 175 p.

14. Rakauskas V., Pūtys Ž., Dainys J., Lesutienė J., Ložys L., Arbačiauskas K. Increasing population of the invader round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae), and its trophic role in the Curonian Lagoon, SE Baltic Sea. *Acta Ichthyol. Piscat.* 2013, no. 43 (2), pp. 95-108.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чайка Кристина Витальевна – Балтийский федеральный университет
им. И. Канта; ассистент; E-mail: kchaika@kantiana.ru

Chaika Kristina Vitalievna – Immanuel Kant Baltic Federal University;
Teaching assistant; E-mail: kchaika@kantiana.ru

Гришанов Геннадий Викторович – Балтийский федеральный университет
им. И. Канта; кандидат биологических наук; доцент;
E-mail: ggrishanov@kantiana.ru

Grishanov Gennady Victorovich – Immanuel Kant Baltic Federal University; PhD;
Associate professor; E-mail: ggrishanov@kantiana.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 664.64.019

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОВОЩНЫХ МАСС СВЕКЛЫ,
МОРКОВИ, ПЕТРУШКИ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

А. А. Аллерт, М. Н. Альшевская

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF USING VEGETABLE MASSES
OF BEETROOT, CARROT, PARSLEY IN BAKERY PRODUCTS TECHNOLOGY

A. A. Allert, M. N. Alshevskaya

В настоящее время все большую популярность в нашей стране занимает тема «здорового» питания. Интерес представляет продукция, произведенная из натуральных компонентов, без использования консервантов, синтетических красителей, искусственных добавок и с большим содержанием полезных ингредиентов и витаминов. В соответствии с правилами пищевой комбинаторики следует обогащать продукты массового и ежедневного потребления, к таким продуктам, несомненно, относятся хлебобулочные изделия. В статье рассмотрена возможность использования биопотенциала овощей Калининградской области, а именно свеклы, моркови и листьев петрушки в технологии хлебобулочных изделий. Доказано положительное влияние овощных масс на технологические свойства пшеничной муки и хлебопекарных дрожжей, а также на качество готового продукта. Выявлено соответствие разработанного продукта требованиям стандарта по основным физико-химическим показателям: влажность мякиша – не более 35,2 %; кислотность – не более 2,8 град; пористость – не менее 72 %. Проведены маркетинговые исследования и дегустационная оценка готового продукта в рамках образовательной выставки «PRO Ярмарка образования 2016» среди населения Калининградской области. Результаты данного исследования подчеркнули перспективу создания нового продукта, поскольку 95 % респондентов подтвердили важность производства проектируемого изделия и дали положительную оценку органолептическим показателям его качества. В ходе исследований была проведена оценка развития картофельной болезни хлеба методом органолептического анализа в благоприятных условиях для развития *Bacillus subtilis*, определившая устойчивость образца к «картофельной болезни». Общий анализ проведенных исследований указывает на актуальность разработки хлебобулочного изделия, обогащенного овощными массами свеклы, моркови, петрушки.

хлебобулочные изделия, функциональное питание, овощные массы свеклы, моркови, петрушки

Nowadays healthy diet is becoming more and more popular in our country. Products made from natural ingredients, without preservatives, synthetic dyes, artificial additives, and with a high content of mineral ingredients and vitamins are of great interest. In accordance with the rules of food combination theory, we should enrich products of mass and daily consumption such as bakery products. The article considers

the possibility of using biopotential of the vegetables grown in the Kaliningrad region, in particular beetroot, carrot, parsley in bakery technology. Proved is positive influence of the vegetable mass on the processing characteristics of wheat flour, yeast and baking, as well as the quality of the finished product. Revealed is conformance of the developed product to the requirements of the basic physical and chemical indicators standard. The values are as follows: moisture - not more than 35.2%; acidity – no more than 2.8 degrees; porosity - not less than 72%. Market research and tasting assessment of the finished product have been carried out within the educational exhibition «PRO Education Fair 2016" among the Kaliningrad region population. The results of this study highlighted the prospect of creating a new product, as 95% of respondents confirmed the importance of manufacturing of the designed product and appreciated organoleptic qualities. The studies assessed the development of the potato disease of bread using sensory analysis in favorable conditions for the development of *Bacillus Subtilis*, which determined the sample resistance to "potato disease". An overall analysis of the research points at the relevance of the development of bakery products enriched with vegetable masses of beetroot, carrot, parsley.

bakery products, functional food, vegetables, vegetable masses of beetroot, carrot, parsley

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 г. (утв. Распоряжением Правительства РФ от 17 апреля 2012 года № 559-р), разработанная с учетом «Основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года», подчеркивает необходимость расширения производства «здоровых» продуктов питания, обладающих функциональными, лечебно-профилактическими, геронтологическими и другими специализированными свойствами [1].

Эффективным и удобным способом улучшения витаминной обеспеченности населения является включение в его рацион продуктов, дополнительно обогащенных необходимыми нутриентами до уровня, соответствующего физиологическим потребностям организма [2]. В этом отношении обогащение хлебобулочных изделий как продукта массового потребления наиболее целесообразно.

Известны разработки хлебобулочной продукции, обогащенной продуктами переработки зерновых, масличных, бобовых культур. Активно используют различного вида овощные цукаты, продукты переработки плодово-ягодных культур в виде пюре, соков, настоев, а также порошки из тыквы, моркови, шпината, чеснока и других продуктов растительного сырья [3-7, 9, 10].

Перспективными видами растительного сырья, ещё не до конца внедренными в технологию хлебобулочных изделий, но обладающими рядом преимуществ, являются свежие овощные массы свеклы, моркови и листьев петрушки. Овощные массы из этих овощей общедоступны на всей территории Калининградской области, относительно дешевы, богаты витаминами и минералами (калий, фосфор, кальций, магний, железо, цинк, витамины С, В₁, В₅, В₆, РР, Е, фолиевая кислота, провитамин А и др.), а также включают в свой состав высокое содержание красящих веществ (бетаин, бетанин, β-каротин, хлорофилл),

обладающих высокой биологической активностью. Внесение их в состав хлебобулочных изделий позволит не только обогатить продукт витаминами, минералами, пищевыми волокнами, пектином, клетчаткой, а также улучшить - «украсить» внешний вид изделия, за счет содержания в составе обогатителей красящих веществ.

Целью исследования являлось научное обоснование применения овощных масс моркови, свеклы и листьев петрушки в технологии хлебобулочных изделий.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для обоснования выбора объекта модернизации и актуальности проводимых исследований были осуществлены маркетинговые исследования среди жителей г. Калининграда и области.

Опрос жителей Калининграда проходил в рамках образовательной выставки "ПРО Ярмарка образования» (апрель 2016 года). Всего в опросе приняло участие 120 человек.

Влияние овощных масс на технологические свойства пшеничной муки высшего сорта (а именно, содержание сырой клейковины в пшеничной муке и ее растяжимость) устанавливали в соответствии с ГОСТ 27839-88 и методикой Л. П. Пащенко [8].

Воздействие овощных масс на подъёмную силу дрожжей определяли ускоренным методом: по времени всплывания шарика теста, замешенного с добавлением обогатителей из расчета овощных масс на 7 г муки, в соответствии с методикой Л. П. Пащенко [8].

Влияние овощных масс на жизнеспособность дрожжевых клеток определяли микроскопированием окрашенных препаратов. В суспензии, изготовленные из прессованных дрожжей и воды при соотношении компонентов в массовых долях 1:3 из расчета расхода данной суспензии на 100 г муки, добавляли обогатители. Полученные смеси выдерживали в течение 120 мин при температуре 30 °С, при этом каждые 30 мин определяли жизнеспособность дрожжевых клеток посредством микроскопирования с объективом 40 [5].

Для определения качественных показателей готового хлебобулочного изделия, обогащенного овощными массами свеклы, моркови и петрушки, были выпечены образцы хлебобулочных продуктов по разработанной рецептуре (см. табл. 4).

Хлеб выпекали безопасным способом в соответствии с общепринятой технологией [11]. Измельченные свежие овощные массы (жмых и сок) вносили на стадии замеса теста, каждая часть цветного теста (зеленая, оранжевая, розовая) замешивалась по отдельности без добавления воды – это послужило главным отличием разработанной технологии от общепринятой. Затем три части теста переплетались друг с другом «косичкой».

Оценка органолептических показателей качества выпеченных образцов и их приемлемости проводилась в рамках образовательной выставки "ПРО Ярмарка образования» (апрель 2016 г.). Качество образцов оценивали по следующим органолептическим показателям: внешний вид, аромат, вкус по пятибалльной шкале.

Качество разработанного продукта по физико-химическим показателям оценивали в соответствии с требованиями ГОСТ 27842-88 по общепринятым методикам (кислотность - ускоренным методом (ГОСТ 5670-96); пористость (ГОСТ 5669-96); влажность (ГОСТ 21094-75)).

Оценку влияния овощных масс на развитие «картофельной болезни» хлеба проводили методом органолептического анализа. Для этого готовое изделие обертывали во влажную бумагу и помещали в термостат с температурой 37 °С (создавая условия, способствующие развитию *Bacillus subtilis* и *Bacillus mesentericus*) Через 24 ч хлеб резали острым ножом и определяли органолептически наличие признаков заболевания (специфический запах, липкий мякиш). При отсутствии заболевания хлеб выдерживали в аналогичных условиях и проверяли каждые 12 ч на наличие вышеперечисленных признаков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

В результате проведенных маркетинговых исследований было выяснено, что 65,9 % респондентов употребляют хлебобулочные изделия несколько раз в день почти с каждым приемом пищи. 70,7 % опрошенных респондентов отдают предпочтение хлебобулочным изделиям из пшеничной муки. На основании полученных результатов в качестве базовой рецептуры для модификации был выбран хлеб из пшеничной муки высшего сорта, соответствующий требованиям ГОСТ 27842-88.

На рис. 1 показано мнение опрошенных респондентов об актуальности разработки хлебобулочных изделий, обогащенных полезными компонентами.

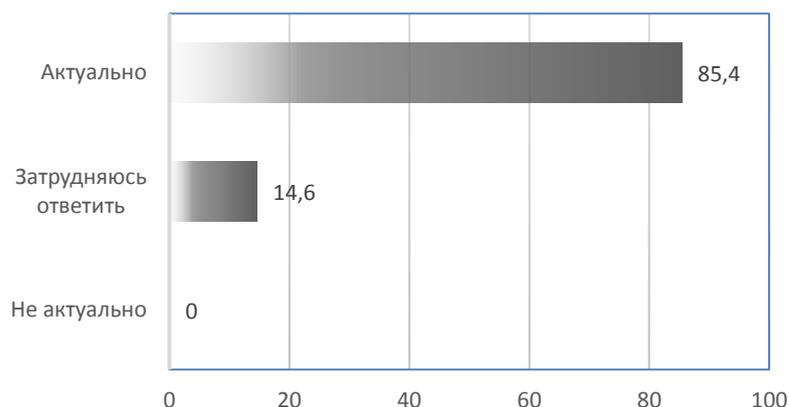


Рис. 1. Актуальность создания хлебобулочных изделий, обогащенных полезными компонентами, % от числа опрошенных

Fig. 1. Identifying the need for bakery products enriched with useful components, % of respondents

Из рис. 1 видно, что 85,4 % анкетированных считают актуальным создание хлебобулочных изделий, обогащенных полезными компонентами.

Для обоснования возможности внесения измельченных овощных масс свеклы, моркови или листьев петрушки в рецептуру хлебобулочного изделия из пшеничной муки высшего сорта было выяснено влияние каждой из вышеперечисленных овощных масс на технологические свойства муки; подъёмную силу дрожжей; жизнеспособность дрожжевых клеток.

В табл. 1 представлено влияние овощных масс свеклы, моркови или листьев петрушки на содержание массовой доли клейковины в пшеничной муке.

Таблица 1. Содержание массовой доли клейковины в пшеничной муке, обогащенной овощными массами свеклы, моркови, петрушки

Table 1. Content of the mass fraction of gluten in wheat flour enriched with vegetable masses of beetroot, carrot, parsley

Исследуемый показатель	Образец			
	контроль	с внесением овощных масс		
		свеклы	моркови	листьев петрушки
Содержание $\omega_{\text{сырой клейк.}}$, %	31,28%	31,20%	31,20%	31,24%

Из табл. 1 видно, что внесение обогатителей при соотношении жмыха и сока в массовых долях 1:3 из расхода данных компонентов на 100 г муки не приводит к существенному изменению содержания сырой клейковины в пшеничной муке по сравнению с контролем.

Исследования влияния изучаемых овощных масс на растяжимость клейковины показали результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Влияние растительных обогатителей на растяжимость клейковины

Table 2. Effect of plant fortificants on gluten extensibility

Образец	Растяжимость клейковины, см
Контроль	15,0
Образец с добавлением овощной массы из:	
свеклы	13,5
моркови	13,5
листьев петрушки	13,3

Из табл. 2 видно, что клейковина муки с внесенными овощными массами является средней по растяжимости. Вероятно, это связано с тем, что в процессе гидратации и набухания происходит восстановление полимерных структур измельченных овощных масс, диссоциация органических кислот и аминокислот. Это способствует укреплению структурно-механических свойств клейковины, снижая ее растяжимость.

Влияние овощных масс свеклы моркови и листьев петрушки на подъемную силу дрожжей представлено в табл. 3.

По результатам таблицы видно, что подъемная сила хлебопекарных дрожжей с внесением растительных ингредиентов увеличилась по сравнению с контролем на 3 мин 2 с, 3 мин 17 с и 1 мин 9 с, соответственно. Вероятно, это связано с наличием большого количества питательных веществ (витаминов группы В, сахаров, минеральных веществ и др.) в изучаемых овощных массах. Полученный результат указывает на благоприятное воздействие овощных масс на дрожжевые клетки.

Таблица 3. Влияние овощных масс моркови, свеклы и петрушки на подъемную силу дрожжей

Table 3. Influence of vegetable masses of carrot, beetroot and parsley on yeast baking strength

Образец	Значение показателя подъемной силы, мин
Контроль	11 мин 20 с
Образец с добавлением овощной массы из:	
свеклы	8 мин 00 с
моркови	8 мин 03 с
листьев петрушки	9 мин 30 с

Влияние вносимых овощных масс на динамику жизнеспособности дрожжевых клеток представлено на рис. 2.

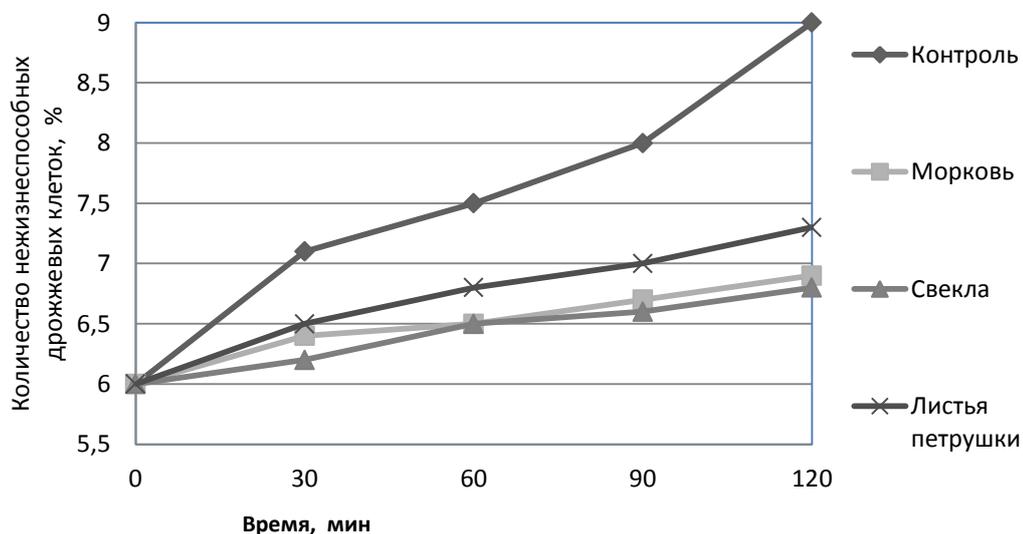


Рис. 2. Влияние овощных масс на жизнеспособность дрожжевых клеток

Fig. 2. Influence of vegetable masses on yeast cells viability

Из рис. 2 видно, что динамика жизнеспособности дрожжевых клеток всех анализируемых образцов имеет в среднем общую закономерность. Однако через два часа выдержки количество нежизнеспособных дрожжевых клеток в контрольном образце значительно превзошло образцы со смесью, в которую вносились обогатители. Таким образом, реакция клеток в среде, содержащей растительные ингредиенты, приводит к снижению количества нежизнеспособных клеток.

Увеличение числа жизнеспособных дрожжевых клеток в суспензиях с овощными обогатителями связано со стимулирующим действием отдельных веществ, содержащихся в растительных ингредиентах, таких как: сахара, витамины, минеральные и другие вещества, служащие дополнительными источниками энергии для поддержания жизнедеятельности дрожжей. Кроме того, содержащиеся в овощах калий, кальций и натрий способны активировать ферменты, присутствующие в дрожжевой клетке, стимулирующие сбраживание сахаров - мальтозы и мальтот-

риозы, превращая их в спирт и углекислый газ, что, в свою очередь, влияет на скорость брожения теста [9].

Полученные данные свидетельствуют о возможности применения овощных масс свеклы, моркови и петрушки в технологии хлебобулочных изделий.

Базовая и спроектированная рецептуры обогащенных хлебобулочных изделий представлены в табл. 4.

Таблица 4. Рецептура хлебобулочных изделий
Table 4. Formulation of bakery products

Наименование сырья	Расход сырья на 10 кг муки, кг	
	хлеб пшеничный из муки высшего сорта (контроль)	хлеб пшеничный обогащенный
Мука пшеничная хлебопекарная в/с	100	100
Дрожжи прессованные	1,0	1,5
Соль	1,5	0,5
Сахар	6,0	1,5
Маргарин	3,5	-
Морковь	-	16,6
Свекла	-	16,6
Листья петрушки	-	16,6
Итого	112,0	153,5

В табл. 5 показаны результаты дегустационной оценки органолептических показателей качества разрабатываемого обогащенного хлебобулочного изделия.

Таблица 5. Органолептическая оценка, % от числа опрошенных
Table 5. Sensory evaluation, % of respondents

Показатель	Балльная оценка, % от числа опрошенных				
	5	4	3	2	1
Внешний вид	53,3	28,3	18,4	-	-
Аромат	51,6	30,8	17,6	-	-
Вкус	49,1	32,5	18,4	-	-

Из табл. 5 видно, что более половины опрошенных оценили внешний вид и аромат обогащенных хлебобулочных изделий балльной оценкой 5 (53,3 и 51,6 % соответственно), чуть менее половины дегустаторов (49,1 %) считают вкус продукта превосходным. Из таблицы видно, что оценок в 2 и 1 балл не получил ни один из показателей.

Для определения перспективы производства разработанного изделия дегустаторам были заданы вопросы: «Понравился ли продукт?» и «Стали бы Вы покупать данный продукт?». В результате 97,5 % респондентов ответили положительно и лишь 2,5 – он не заинтересовал. Полученные данные говорят о высокой потребительской оценке разработанного хлебобулочного изделия и о дальнейшей перспективе его производства.

Физико-химические показатели разработанного хлебобулочного изделия представлены в табл. 6.

Таблица 6. Физико-химические показатели хлебобулочного изделия, обогащенного овощными массами свеклы, моркови, петрушки

Table 6. Physical and chemical properties of the bakery product enriched with vegetable masses of beetroot, carrot, parsley

Показатель	Требования ГОСТ 27842-88	Хлеб пшеничный обогащенный
Влажность мякиша, %, не более	43,0	35,2
Кислотность мякиша, град, не более	3,0	2,8
Пористость мякиша, %, не менее	70	72

Из табл. 6 видно, что по физико-химическим показателям (влажность, кислотность, пористость) анализируемый образец удовлетворяет требованиям ГОСТ 27842-88.

В настоящее время основная часть хлебобулочных изделий выпускается в упакованном виде, что при различных нарушениях технологических режимов нередко приводит к проявлению признаков болезни хлеба в конце сроков хранения, чаще всего картофельной болезни [3].

В табл. 7 представлены результаты оценки развития «картофельной болезни» хлеба.

Таблица 7. Органолептическая оценка проявления «картофельной болезни» в хлебе, при создании провоцирующих условий для развития *Bacillus subtilis* и *Bacillus mesentericus*

Table 7. Sensory evaluation of “potato disease” of bread while creating conditions for triggering the development of *Bacillus subtilis* and *Bacillus mesentericus*

Продолжительность хранения хлеба, ч	Хлеб пшеничный из муки высшего сорта (контроль)	Хлеб пшеничный обогащенный
24	–	–
36	–	–
48	+	–
72	++	+

Примечание: – - отсутствие признаков; + - малая степень поражения (специфический фруктовый запах); ++ - средняя степень поражения (липкость мякиша).

В результате проведенных наблюдений первые признаки «картофельной» болезни наблюдались у контроля через 48 ч. Специфический фруктовый запах появился в образце с обогатителями лишь через 72 ч хранения. Устойчивость хлебобулочного изделия, обогащенного овощными массами свеклы, моркови и петрушки, вероятно, связана с наличием органических кислот в овощных массах, которые, в свою очередь, выполняют роль природных консервантов, не изменяя при этом качества готового продукта.

ВЫВОДЫ

1. Маркетинговые исследования и дегустационная оценка готового продукта в рамках образовательной выставки «ПРО Ярмарка образования 2016» среди населения Калининградской области подчеркнули перспективу создания нового продукта. 95 % респондентов определили важность производства проектируемого изделия и дали положительную оценку органолептическим показателям его качества (более половины опрошенных оценили внешний вид и аромат обогащенных хлебобулочных изделий балльной оценкой 5 (53,3 и 51,6 % соответственно), чуть менее половины (49,1 %) – считают вкус продукта превосходным).

2. Доказано положительное влияние овощных масс на хлебопекарные свойства пшеничной муки, а именно: содержание клейковины и ее растяжимость. Клейковина муки с внесенными овощными массами свеклы, моркови или листьев петрушки является средней по растяжимости.

3. Установлено, что с внесением овощных обогатителей подъемная сила дрожжей в среднем увеличивается на 3 мин по сравнению с контролем. Динамика жизнеспособности дрожжевых клеток установила увеличение числа жизнеспособных клеток в суспензиях с обогатителями, что положительно влияет на бродильную активность дрожжей и позволяет получить хлебобулочные изделия с высокими органолептическими показателями.

4. Оценка развития «картофельной болезни» хлеба методом органолептического анализа определила устойчивость образца к данному пороку в сравнении с контролем. Первые признаки развития *Bacillus subtilis* наблюдались в образце лишь спустя 72 ч, в то время как в контроле они были выявлены спустя 48 ч хранения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы государственной политики в области здорового питания до 2020 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://infofoodsupsupplements.ru/topic/181-osnovyigodarstvennoy-politiki-v-oblasti-zdorovogo-pitaniya-do-2020g/>

2. Мезенова, О. Я. Проектирование комбинированных продуктов питания: учебное пособие / О. Я. Мезенова.- Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2012. - 87 с.

3. Борисенко, Д. В. Овощные функциональные ингредиенты в технологии хлеба с повышенной микробиологической устойчивостью: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Борисенко Денис Владимирович; ВГУИТ. - Воронеж, 2014. – 155 с.

4. Исабаева, И. Б. Пюре из пассированной тыквы в производстве сухарей / И. Б. Исабаева // Хлебопечение России. – 2000. - № 4. – С. 30.

5. Апаршева, В. В. Совершенствование технологий хлебобулочных изделий, обогащенных региональными растительными ингредиентами: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Апаршева Вера Викторовна; ТГТУ. – Тамбов, 2016. – 169 с.

6. Cortés-Rojas, D. F. Physicochemical properties of phytopharmaceutical preparations as affected by drying methods and carriers / D. F. Cortés-Rojas, W. P. Oliveira // Drying Technology. – 2012. – № 9. – P. 921-934.

7. De Escalada Pla, M.F. Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret) / M. F. De Escalada, N.M. Ponce, C.A. Stortz, L.N. Gerschenson, A.M. Rojas // *LWT – Food Science and Technology*. – 2007. – № 7. – P. 1176-1185.

8. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий) / Л. П. Пашченко [и др]. - Москва: КолосС, 2007. – 215 с.

9. Иунихина, Е. В. Совершенствование технологии хлебобулочных изделий для здорового питания на основе применения нетрадиционного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Иунихина Елена Владимировна; МГУПП. – Москва, 2015. – 171 с.

10. Бессмертная, И. А. Сушеные овощи – компоненты здоровой пищи / И. А. Бессмертная // *Инновации в технологии продуктов здорового питания: сборник научных трудов*. - Калининград: изд-во ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2015. - С.30-38

11. Ершов, П. С. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия / сост. П. С. Ершов. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1998. - 191 с.

REFERENCES

1. *Osnovy gosudarstvennoj politiki v oblasti zdorovogo pitaniya do 2020 g.* [Basics of state policy in healthy nutrition up to 2020]. Available at: <https://infofoodsupplements.ru/topic/181-osnovyi-gosudarstvennoy-politiki-v-oblasti-zdorovogo-pitaniya-do-2020g/>

2. Mezenova O. Ja. *Proektirovanie kombinirovannyh produktov pitaniya: uchebnoe posobie* [Development of combined food products: student's book]. Kaliningrad, FGOU VPO "KGTU", 2012, 87 p.

3. Borisenko D. V. *Ovoshhnye funktsional'nye ingredienty v tehnologii hleba s povyshennoj mikrobiologicheskoy ustojchivost'ju. Disc. kand. tehn. nauk* [Vegetable functional ingredients in bread technology with increased microbiological persistence. PhD (Eng) dissertation]. Voronezh, VGUIT, 2014, 155 p.

4. Isabaeva I. B. *Pjure iz passirovannoj tykvy v proizvodstve suha-rej* [Pureed fried pumpkin in production of dried bread]. *Hlebopechenie Rossii*, 2000, no. 4, pp. 30.

5. Aparsheva V. V. *Sovershenstvovanie tehnologij hlebobulochnyh izdelij, obogashennyh regional'nymi rastitel'nymi ingredientami. Dic. kand. tehn. nauk* [Technological improvement of bakery products enriched with the regional plant ingredients: PhD (Eng) Dissertation]. TGTU, 2016, 169 p.

6. Cortés-Rojas D. F., Oliveira W. P. Physicochemical properties of phyto-pharmaceutical preparations as affected by drying methods and carriers. *Drying Technology*, 2012, no. 9, pp. 921-934.

7. De Escalada Pla M. F., Ponce N. M., Stortz C. A., Gerschenson L. N., Rojas A. M. Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). *LWT – Food Science and Technology*, 2007, no. 7, pp. 1176-1185.

8. Pashchenko L. P. i dr. *Praktikum po tehnologii hleba, konditerskih i makaronnyh izdelij (tehnologija hlebobulochnyh izdelij)* [Practical course on the technology of bread, confectionery products and pasta (bakery products technology)]. Moscow, KolosS, 2007, 215 p.

9. Iunihina E. V. *Sovershenstvovanie tehnologii hlebobulochnyh izdelij dlja zdorovogo pitaniya na osnove primenenija netradicionnogo syr'ja. Disc. kand. tehn. nauk* [Technological improvement of bakery products for healthy diet using unconventional raw material. PhD (Eng) Dissertation]. Moscow, MGUPP, 2015, 171 p.

10. Bessmertnaja I. A. *Sushenye ovoshhi – komponenty zdorovoj pishchi* [Dried vegetables- healthy food components]. *Innovacii v tehnologii produktov zdorovogo pitaniya: sbornik nauchnyh trudov* [Innovations in functional food technology: collection of articles]. Kaliningrad, izd-vo FGBOU VPO "KGTU", 2015, pp. 30-38.

11. Ershov P. S. *Sbornik receptur na hleb i hlebobulochnye izdelija* [Recipe book for bread and bakery products]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat, 1998, 191 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аллерт Арина Александровна – Калининградский государственный технический университет; магистрант

Allert Arina Aleksandrovna – Kaliningrad State Technical University;
Master's degree student

Альшевская Марина Николаевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент;
E-mail: marina.alshevskaya@klgtu.ru

Alshevskaya Marina Nikolaevna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Engineering, Associate Professor; E-mail: marina.alshevskaya@klgtu.ru

УДК 664

ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ГИДРОЛИЗА ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ
ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ НА ПРИМЕРЕ ГОЛОВ НЕРКИ
(ONCORHYNCHUS NERKA)

В. В. Волков, Т. Гримм, Т. Ланге, О. Я. Мезенова, А. Хёлинг

STUDY OF DIFFERENT HYDROLYSIS METHODS OF PACIFIC SALMON
BY-PRODUCTS USING SOCKEYE (ONCORHYNCHUS NERKA) HEADS
AS AN EXAMPLE

V. V. Volkov, T. Grimm, T. Lange, O. Ya. Mezenova, A. Hoehling

Рыба является богатым источником высокоусвояемых протеинов. Коэффициент эффективности рыбных протеинов немного выше, чем у казеина, и находится на уровне лактальбумина, превышает значения у белков мяса животных и птицы. На Камчатке при переработке лососевых рыб ежегодно образуется более 50 тыс. т вторичного сырья, потенциально являющегося сырьевой базой для получения рыбного протеина методами гидролиза, который обеспечивает комплексную переработку сырья с получением одновременно белковой, минеральной и жировой фракций. Исследования касались нехимических способов гидролиза голов нерки термическим и ферментативно-термическим (комбинированным) способами. Установлен общий химический состав голов нерки (% массы сухих веществ): белки 36,7; жир 49,6; минеральные вещества 13,1.

Показана возможность получения различными способами гидролиза из данного сырья ценной белковой, жировой и минеральной продукции. При термическом гидролизе из 1 т голов нерки потенциально возможно получить 196 кг рыбной муки (протеиновая и минеральная фракции) со стабильным содержанием протеина около 70 и жира менее 2%, а также 147 кг рыбьего жира. Комбинированный способ гидролиза позволяет изготовить из 1 т голов нерки 104 кг сухих протеиновых гидролизатов с долей легкоусвояемых протеинов молекулярной массой менее 10 кДа (активные пептиды) более 87 %. Полученные высокобелковые рыбные продукты используются как в пищевой, так и кормовой промышленности: для производства спортивного, гипоаллергенного и геродиетического питания, колбас и мясных полуфабрикатов, высокобелковых кормовых добавок в свиноводстве, птицеводстве, аквакультуре. Продукты переработки могут найти применение в сфере биотехнологий в качестве источника азота, а жиры послужить сырьем для изготовления биологически активных добавок к пище (при высокой степени свежести сырья), пищевых спредов или кормовых продуктов, производства мыла, биодизеля и других промышленных товаров.

вторичное рыбное сырье, гидролиз, головы, нерка, термогидролиз, термо-ферментативный гидролиз, тихоокеанский лосось, пептиды

Fish is a rich source of high quality proteins. Fish protein efficiency ratio is slightly higher than the ratio of casein and achieves the level of lactalbumin exceeding the levels of meat and poultry proteins. On the Kamchatka Peninsula over 50 thousand tones of by-products is generated annually in salmon processing. This is potentially a raw material basis for producing fish protein hydrolysates. Hydrolysis provides comprehensive processing of raw material into protein, mineral and fat fractions. The study is concerned with non-chemical hydrolysis of sockeye heads using thermal and thermo-enzymatic (combined) hydrolysis methods. General chemical composition of sockeye heads was determined to be the following (% of dry matter mass): protein 36,7 %, fat 49,6 %, minerals 13,1 %. The possibility of processing this raw material into valuable protein and fat components was demonstrated by hydrolysis. Using thermal hydrolysis it is possible to produce 196 kg of fish meal (protein and mineral fractions) with protein content over 70% and fat content less than 2% as well as 147 of kg fish oil out of 1 t of sockeye heads. Using combined hydrolysis it is possible to produce 104 kg of protein hydrolysates with the share of easily digestible protein share with molecular weight of less than 10 kDa (active peptides) over 87% out of 1 t of sockeye heads. The produced high-protein fish products can be used both for food and feed applications: sport, hypoallergenic and elderly food products, sausages and meat products, high-protein feed components for pig-breeding, poultry and aquaculture. Produced protein products can be used in biotechnology as a source of nitrogen. Fat is a raw material for production of food additives (provided raw material is fresh), food spreads and feed components, soap, biodiesel and other goods.

fish by-products, hydrolysis, heads, sockeye, thermal hydrolysis, thermo-enzymatic hydrolysis, pacific salmon, peptides

ВВЕДЕНИЕ

В 2016 г., по данным Федерального агентства по рыболовству РФ, вылов лососевых рыб на Камчатском п-ове превысил 200 тыс. т [1]. При таких объемах вылова и переработки образуются значительные объемы находящегося в высоком качественном состоянии вторичного сырья (головы, внутренности, позвоночные кости) - более 50 тыс. т в год. Оно имеет ценный химический состав, но не используется на пищевые цели, и только часть его направляется на производство рыбной муки. При этом изготовление рыбной муки из вторичного сырья лососевых рыб обычными методами (прямой сушки, прессово-сушильный и прессово-сушильно-выпарной способы) связано с технологическими сложностями, а конечный продукт не отвечает требованиям стандартов по жирности и влажности. Особенно проблематична переработка на кормовую муку голов таких лососевых, как нерка, обладающих повышенным содержанием жира, коллагеновых белков и минеральных веществ, препятствующих сушке.

Общемировые объемы добычи нерки составляют 140-180 тыс. т в год [2]. Она относится к семейству ценных лососевых видов рыб, имеет среднюю длину 60 см, один экземпляр достигает массы от 2 до 4 кг. Отдельные крупные особи могут весить 7 кг и больше. Головы лососевых в среднем составляют 69% от общего объема отходов от переработки, по данным ФАО [3]. Полученная из голов нерки способом прямой сушки кормовая мука не имеет традиционной товарной формы и представляет собой вязкий раствор коллоидной консистенции. Дове-

дение этой массы до стандартных внешнего вида муки и значений химических показателей связано с высокими дополнительными затратами, что негативно влияет на цену готовой продукции. Пищевое использование данных полуфабрикатов и готовой продукции исключается.

Сказанное предопределяет актуальность исследования по применению новых технологических способов переработки вторичного сырья лососевых рыб. Для проведения испытаний был выбран метод гидролиза. В большинстве случаев при гидролизе достигается показатель извлечения имеющихся в сырье протеинов 80%. Молекулярный вес протеинов регулируется в соответствии с требуемыми для области применения параметрами [4]. При глубоком гидролизе можно получать ценные пищевые и кормовые продукты: протеины, низкомолекулярные пептиды, высоконепределный жир, органические минеральные вещества и их композиции.

Существуют четыре основных способа гидролиза органического сырья: кислотный, щелочной, термический и ферментативный [5].

Ферментативный, термический и комбинированный способы гидролиза являются более мягкими, чем химический метод, разрушающий многие незаменимые аминокислоты, значительно понижая биологическую ценность белкового продукта. В результате в конечном продукте содержится много соли, что ограничивает его использование в пищевой промышленности. Кроме того, высокие концентрации реагентов приводят к значительной стоимости продукта и большим объемам загрязненных сточных вод и прочих отходов.

Целью исследования являлось изучение возможности переработки вторичного сырья лососевых рыб с целью получения как рыбной муки и рыбьего жира со значительно более стабильными показателями качества конечной продукции по содержанию протеина, жира и золы, так и легкоусвояемых протеинов пищевого качества и рыбьего жира.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучение состава исходного сырья;
2. Выбор способов гидролиза в соответствии с результатами изучения состава исходного сырья;
3. Выбор оптимальных параметров по подходящим способам гидролиза;
4. Проведение гидролиза выбранными способами;
5. Анализ полученных результатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом данного исследования являлись головы нерки, выловленной в юго-западной части Камчатского п-ова. Здесь находится одно из самых больших нерестилищ нерки в мире [6]. Сырье было предоставлено АО «Озерновский рыбоконсервный завод №55» в сентябре 2016 г. в предварительно замороженном состоянии при минус 18 °С.

Основные исследования проводились в технологической компании ANiMOX (г. Берлин, Германия) на оборудовании гидролизного экспериментального производства, позволяющем изменять и регулировать температуру, давление, рН среды и продолжительность обработки.

Для анализов и последующего гидролиза головы нерки измельчали на волчке до среднего размера частиц 2-3 мм и гомогенизировали во время измельчения.

Для проведения испытаний были использованы термический и комбинированный (ферментативный + термический) способы гидролиза голов нерки. Термический способ гидролиза осуществляли при следующих параметрах: продолжительность 1 ч, температура 130 °С, давление 0,28 МПа, без добавления кислоты и щелочей, с гидромодулем 1:1, рН 6,5.

Комбинированный способ гидролиза обеспечивает максимальный выход протеинов из всех видов рыбных отходов [7]. Испытания по данному способу проводились с предварительной ферментацией измельченного сырья в водной среде ферментным препаратом «Alcalase® 2,5 L» (Novozymes, Дания, активность 2,5 АУ/г) в течение 4 ч при постоянном перемешивании в автоклаве, далее продукт подвергался термолизу при указанных выше параметрах.

Использование воды для гидролиза в нейтральной среде является обязательным условием протекания реакций деструкции вторичного сырья, она растворяет водорастворимые протеины, пептиды, жиросодержащие низкомолекулярные компоненты, образующиеся в ходе гидролиза. Последующее ее удаление и сушка позволяют получить гидролизаты в товарном виде, но ее количество в системе обуславливает затраты на последующее обезвоживание [8]. В данных опытах соотношение «рыбное сырье : вода», или гидромодуль, было на уровне 1:1, что снизило негативное влияние данного фактора на себестоимость готовой продукции.

Себестоимость термического метода гидролиза за счет отсутствия применения ферментов более низкая, чем в комбинированном. Однако применение ферментов является ключевым фактором достижения повышенного уровня извлечения протеинов из сырья и более высокого качества получаемых продуктов. С точки зрения оптимизации затрат для комбинированного способа гидролиза был выбран фермент Alcalase, который наиболее сбалансирован по соотношению факторов цены, доступности на рынке и эффективности применения [9].

Определение общего химического состава голов нерки проводили стандартными методами по ГОСТ 7636-85 (массовые доли воды, белка, жира, минеральных веществ). Фракционный молекулярный состав полученных пептидных гидролизатов оценивали масс-спектрометрически при разделении их на фракции методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе Phenomenex (Yarra 3uSEC-2000); идентификацию средней молекулярной массы (ММ) протеинов во фракции проводили оптическими методами на приборе UV-Detektor при длине волны 214 нм и рН 6,8.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены результаты анализа общего химического состава измельченных голов нерки.

Из данных в табл. 1 видно, что головы нерки содержат повышенное количество жира 16,9% (СВ 49,6%) и минеральных веществ 4,47% (СВ 13,1%) при содержании белка 12,5% (СВ 36,7 %).

Таблица 1. Усредненный химический состав использованного исходного материала (значения в скобках приведены относительно массы сухого вещества (СВ), кг/100 кг)

Table 1. Average chemical composition of used raw materials (values in brackets are used in relation to the dry matter (DM), kg/100 kg)

Материал	Сухие вещества (СВ)	Протеин (% массы СВ)	Жир (% массы СВ)	Зола (% массы СВ)
Головы нерки	34,1	12,5 (36,7)	16,9 (49,6)	4,47 (13,1)

Для проведения термического способа гидролиза 750 г измельченного материала из голов нерки были смешаны с 750 г горячей воды и гидролизировались в течение 60 мин при температуре 130 °С в испытательном автоклаве. После разделения суспензии гидролиза способом центрифугирования (3500 x g, 10 мин) были получены фракции с показателями, приведенными в табл. 2.

Таблица 2. Химический состав исходного сырья и фракций, полученных после термического способа гидролиза голов нерки (значения в скобках приведены относительно массы сухого вещества (СВ), кг/100 кг)

Table 2. Chemical composition of used raw materials and fractions after thermal hydrolysis of sockeye heads (values in brackets are used in relation to the dry matter (DM), kg/100 kg)

Исследованный образец	СВ	Протеин	Жир	Зола	Массовая доля фракций, %
Головы нерки	33,9	12,5 (37,0)	16,9 (49,9)	4,47 (13,2)	-
Смесь с водой	17,0	6,27 (37,0)	8,46 (49,9)	2,24 (13,2)	100
Белковая фракция	3,89	3,58 (92,0)	0,03 (0,69)	0,29 (7,34)	69,5
Минеральная фракция	29,9	16,3 (54,7)	4,74 (15,9)	8,80 (29,4)	23,2
Жировая фракция	100	0,0 (0,0)	100 (100)	0,0 (0,0)	7,34
Белковая + минеральная фракции (рыбная мука)	9,6	6,26 (76,6)	1,12 (4,16)	2,24 (11,9)	92,7

Из данных табл. 2 видно, что при термическом способе гидролиза белковая фракция содержит 92,0 % протеина по отношению к массе сухого вещества. Показатель извлечения протеина по белковой фракции составил 39,6 % (5,51 % от массы исходного сырья); показатель извлечения жира - 86,8 % (14,7 %).

На рис. 1 графически представлено распределение по молекулярной массе и массовому составу полученных протеинов в образованных в результате гидролиза протеиновых фракциях. Можно видеть, что основную массу гидролизованного материала составляет фракция с ММ более 20 кДа (49,1%), а доля протеинов с молекулярной массой менее кДа (активные пептиды) – 36,7 %.

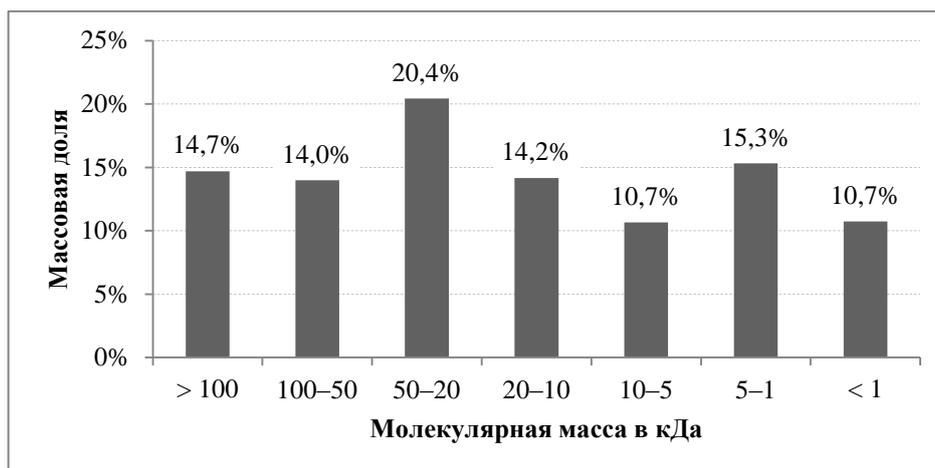


Рис. 1. Распределение протеинов в белковой фракции по количеству и молекулярной массе пептидов в гидролизатах термического способа гидролиза голов нерки

Fig. 1. Protein distribution based on molecular weight of peptides and their share in protein hydrolysates of sockeye heads after thermal hydrolysis

Для проведения опытов по комбинированному способу гидролиза 750 г измельченного материала из голов нерки были смешаны с 750 г горячей воды и подверглись ферментализу в испытательном автоклаве в течение 4 ч при температуре 50 °С с использованием технической протеазы Alcalase 2.5L. Затем производился термический гидролиз суспензии при температуре 130 °С в течение 60 мин. После разделения образующейся суспензии способом центрифугирования (3500 x g, 10 мин) были получены фракции с показателями, приведенными в табл. 3.

Таблица 3. Химический состав исходного сырья и фракций, полученных после комбинированного способа гидролиза голов нерки (значения в скобках приведены относительно массы сухого вещества (СВ), кг/100 кг)

Table 3. Chemical composition of used raw materials and fractions after thermo-enzymatic hydrolysis of sockeye heads (values in brackets are used in relation to the dry matter (DM), kg/100 kg)

Исследованный образец	СВ	Протеин	Жир	Зола	Массовая доля фракций, %
Головы нерки	33,9	12,5 (37,0)	16,9 (49,9)	4,47 (13,2)	-
Смесь с водой	17,0	6,27 (37,0)	8,46 (49,9)	2,24 (13,2)	100
Белковая фракция	6,71	6,21 (92,5)	0,07 (1,01)	0,43 (6,47)	83,8
Минеральная фракция	44,7	12,3 (27,4)	10,9 (24,5)	21,5 (48,1)	8,70
Жировая фракция	100	0,00 (0,00)	100 (100)	0,00 (0,00)	7,45
Белковая + минеральная фракции (рыбная мука)	9,5	6,28 (79,9)	1,01 (2,98)	2,23 (9,61)	91,3

Из данных табл. 3 следует, что белковая фракция содержит 92,5 % протеина по отношению к массе сухого вещества. Таким образом, показатель извлечения протеина по белковой фракции составил 83,0 % (11,5 % от массы исходного сырья); показатель извлечения жира - соответственно 88,1 % (14,9 %). Из этого следует, что степень извлечения биологически активных белковых и жировых компонентов из голов нерки значительно повысилась относительно термического способа гидролиза.

На рис. 2 графически представлено распределение по молекулярной массе и массовому составу протеинов в образованных в результате гидролиза протеиновых фракциях. Основную массу гидролизата составляет фракция с ММ менее 10 кДа (активные пептиды), на долю которой приходится 87,6 %.

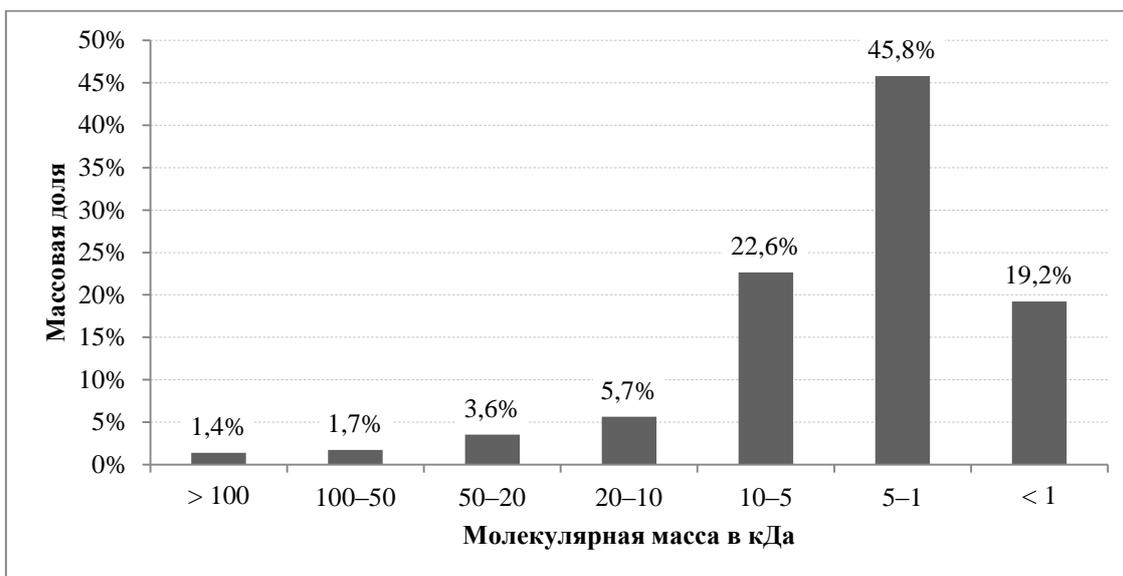


Рис. 2. Распределение протеинов в белковой фракции по количеству и молекулярной массе пептидов в гидролизатах комбинированного способа гидролиза голов нерки

Fig. 2. Protein distribution based on molecular weight of peptides and their share in protein hydrolysates of sockeye heads after thermo-enzymatic hydrolysis

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования гидролиза голов нерки различными способами показывают перспективность данной обработки для получения качественного функционального белкового продукта, содержащего активную протеиновую фракцию, который может быть использован как в пищевой, так и кормовой промышленности. При этом реализуется комплексная безотходная схема переработки ценного натурального рыбного сырья с изготовлением рыбьего жира, качество которого зависит от свежести сырья. При переработке свежих голов нерки выход жира, отличающегося высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот [10], потенциально составляет около 15% от массы сырья.

Из голов нерки с содержанием (%): белков 36,7; жира 49,6; минеральных веществ 13,1 может быть получена качественная белковая фракция с массовой долей протеина более 90 % СВ. После отделения жира смесь протеиновой и минеральной фракций позволяет изготовить продукт, соответствующий по ка-

честву высокобелковой рыбной муке, поскольку массовая доля протеина составляет более 70 % СВ. При этом из 1 т голов нерки при термическом гидролизе сырья (содержание СВ около 343 кг) получают 196 кг качественной рыбной муки с содержанием протеина более 70% СВ при содержании жира менее 2% СВ и минеральных веществ. Дополнительным ценным продуктом является рыбий жир в количестве 147 кг. При комбинированном способе гидролиза из 1 т голов нерки получают 195 кг рыбной муки с содержанием протеина более 70% СВ, жира менее 2% СВ и минеральных веществ менее 7 % СВ, а также 149 кг рыбьего жира.

В твердой фракции (осадочной фракции или соапстоке) содержание протеина при термическом способе составляет 55% СВ, при комбинированном - 27% СВ. При добавлении в нее протеина из белковой фракции гидролизатов с содержанием протеина 92% массы СВ общее содержание протеина может достигать 70 % СВ, что позволяет получать дополнительный высококачественный белковый продукт с высоким содержанием минеральных веществ.

Полученные исследованными методами гидролиза рыбные продукты являются функциональными в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые функциональные. Термины и определения» и ГОСТ Р 54059-2010 «Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные». Их следует использовать при проектировании функциональной пищевой и кормовой продукции: для производства протеиновых продуктов спортивного и геродиетического питания, специализированных колбас и мясных полуфабрикатов, высокобелковых кормовых добавок в свиноводстве, птицеводстве, аквакультуре. Продукты переработки могут найти применение в микробиологической отрасли в качестве источника азота, а жиры послужить сырьем для изготовления биологически активных добавок к пище (при высокой степени свежести сырья) как источник ценных полиненасыщенных жирных кислот или в технологии пищевых жировых композиций, кормовых продуктов, мыла, биодизеля и других промышленных товаров.

Выражаем глубокую благодарность руководству АО «Озерновский РКЗ №55» С. А. Барабанову и К. С. Волкову за предоставленные материалы и помощь при подготовке данной статьи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральное агентство по рыболовству РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://fish.gov.ru/press-tsentr/obzor-smi/14623-aleksandr-khristenko-promysel-lososya-na-kamchatke-skoro-zavershitsya-no-uzhe-sejchas-mozhno-skazat-putina-udalas> (дата обращения: 21.01.2017).
2. Annual Statistics 2010: Commercial salmon catch by species and country North Pacific Anadromous Fish Commission Statistical Yearbook. Retrieved 2015 March 16. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.npafc.org/> (дата обращения: 21.01.2017)
3. FAO Fisheries Circular No. 1027, Salmon by-product proteins, - 2007. - P. 7-9.

4. Хёлинг, А. Протеины из вторичного сырья – инновационные компоненты в экологичном промышленном производстве / А. Хёлинг, В. В. Волков // Известия КГТУ. -2015. - № 38. - С. 83-92.
5. Китченко, К. А. Термический гидролиз фиброина с получением биоактивного продукта / К. А. Китченко, А. Ю. Голубихин, Е. С. Сашина // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2015. – № 1. – С. 22-29.
6. Gustafson, R.G. Status review of sockeye salmon from Washington and Oregon /T.C. Wainwright, G.A. Winans, F.W. Waknitz, L.T. Parker, and R.S. Waples // U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-33. -1997. - P. 19-22
7. Исследования различных способов гидролитического процесса вторичного рыбного сырья консервного производства / А. Хёлинг [и др.] // Научно-теоретический журнал Вестник МАХ. – 2016. - № 1. - С. 3-8.
8. Kristinsson, H. Fish Protein Hydrolysates and their potential use in the food industry/ Rasco, B. // Recent Advances in Marine Biotechnology 7, Science Publishers, Inc. Enfield, NH. - 2002. P. 157-181.
9. Sathivel, S. Functional and Nutritional Properties of Red Salmon (*Oncorhynchus nerka*) Enzymatic Hydrolysates / Smiley S., Prinyawiwatkul W., Bechtel P. // JFS C:Food Chemistry and Toxicology, Vol. 70, Nr. 6, - 2005 - P. 401-406.
10. Биотехнология морепродуктов: учебник / О. Я. Мезенова [и др.]; под ред. О. Я. Мезеновой. - Москва: Мир, 2006. - 560 с.

REFERENCES

1. *Federal'noe agentstvo po rybolovstvu RF* [Federal Agency for fisheries of the Russian Federation]. Available at: <http://fish.gov.ru/press-tsentr/obzorsmi/14623-aleksandr-khristenko-promysel-lososya-na-kamchatke-skoro-zavershitsya-no-uzhe-sejchas-mozhno-skazat-putina-udalas> (Accessed 21 January 2017).
2. Annual Statistics 2010: Commercial salmon catch by species and country North Pacific Anadromous Fish Commission Statistical Yearbook. Retrieved 2015 March 16. Available at: <http://www.npafc.org/> (Accessed 21 January 2017).
3. FAO Fisheries Circular No. 1027, Salmon by-product proteins, 2007, pp. 7-9.
4. Hjoling A., Volkov V. V. Proteiny iz vtorichnogo syr'ja – innovacionnye komponenty v jekologichnom promyshlennom proizvodstve [Proteins from by-products – innovative components in environmentally-friendly industrial production]. *Izvestija Kaliningradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2015, no. 38, pp. 83-92.
5. Kitchenko K. A., Golubihin A. Ju., Sashina E. S. Termičeskij gidroliz fib-roina s polucheniem bioaktivnogo produkta [Thermal hydrolysis of fibroin with to give a bioactive product]. *Vestnik molodyh uchenyh Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tehnologii i dizajna*, 2015, no. 1, pp. 22-29.
6. Gustafson R. G., Wainwright T. C., Winans G. A., Waknitz F. W., L. T. Parker L. T. and Waples R. S. Status review of sockeye salmon from Washington and Oregon. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-33. 1997, pp. 19-22.

7. Hjoling A., Grimm T., Volkov V. V., Mezenova N. Ju. Issledovanija razlichnyh sposobov gidroliticheskogo processa vtorichnogo rybnogo syr'ja konservnogo proizvodstva [Study of different methods of hydrolysis process of by-products of cans production]. *Nauchno-teoreticheskij zhurnal Vestnik MAH*, 2016, no. 1, pp. 3-8.

8. Kristinsson H., Rasco B. Fish Protein Hydrolysates and their potential use in the food industry. *Recent Advances in Marine Biotechnology 7*, Science Publishers, Inc. Enfield, NH. 2002, pp. 157-181.

9. Sathivel S., Smiley S., Prinyawiwatkul W., Bechtel P. Functional and Nutritional Properties of Red Salmon (*Oncorhynchus nerka*) Enzymatic Hydrolysates. *JFS C: Food Chemistry and Toxicology*, 2005, vol. 70, no. 6, pp. 401-406.

10. Mezenova O. Ja., Bajdalinova L. S., Lysova A. S., Sergeeva N. T., Sluckaja T. N., Stepancova G. E. *Biotehnologija moreproduktov: uchebnik pod red. Mezenovoj O. Ja.* [Biotechnology of seafood: student's book edited by O. Ya. Mezenova]. Moscow, Mir, 2006, 560 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Волков Владимир Владимирович – Калининградский государственный технический университет; зам. начальника технопарка КГТУ;
E-mail: vladimir.volkov@klgtu.ru

Volkov Vladimir Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University;
Deputy Head of KSTU Technopark; E-mail: vladimir.volkov@klgtu.ru

Гримм Томас – технологическая компания ANiMOX GmbH, г. Берлин (Германия);
директор; E-mail: t.grimm@animox.de

Grimm Thomas – Technology company ANiMOX GmbH, Berlin, Germany; Director;
E-mail: t.grimm@animox.de

Ланге Том – технологическая компания ANiMOX GmbH, г. Берлин (Германия);
руководитель опытного участка; E-mail: t.lange@animox.de

Lange Tom – Technology company ANiMOX GmbH, Berlin, Germany;
Head of pilot plant; E-mail: t.lange@animox.de

Мезенова Ольга Яковлевна – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук, профессор; зав. кафедрой пищевой биотехнологии; E-mail: mezenova@klgtu.ru

Mezenova Olga Jakovlevna – Kaliningrad State Technical University;
Doctor of technical sciences, professor; Head of the department of food biotechnology; E-mail: mezenova@klgtu.ru

Хёлинг Аксель – технологическая компания ANiMOX GmbH, г. Берлин
(Германия); доктор экономических наук, генеральный директор;
E-mail: a.hoehling@animox.de

Hoehling Axel – Technology company ANiMOX GmbH, Berlin, Germany;
Doctor of Economic Sciences, CEO; E-mail: a.hoehling@animox.de

УДК 591.471.31:54(06)

ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ РЫБНОЙ ЧЕШУИ В РАЗЛИЧНЫХ
ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ОБЗОР)

В. И. Воробьев, Е. В. Нижникова

RESEARCH AND APPLICATION OF FISH SCALE IN A VARIETY
OF INDUSTRIES (REVIEW)

V. I. Vorobjov, E. V. Nizhnikova

В статье представлен краткий аналитический обзор литературы, посвящённой проблеме переработки рыбной чешуи и её применению в различных направлениях народного хозяйства. Цель обзора – выбор наиболее экономически приемлемого способа переработки рыбной чешуи и её использование в промышленных масштабах. В настоящее время она мало востребована и фактически является выбросом предприятий, загрязняя тем самым окружающую среду. Количество чешуи составляет от 1 до 10 % от массы рыбы. Она является источником белка (40-60 %) и минеральных веществ (30-56 %). Коллаген чешуи составляет 80-90 % от всех её белков. Основным направлением ее переработки является производство рыбной кормовой муки (около 10% от всей получаемой рыбной чешуи). Из-за проблем с измельчением чешуи в сыром виде и забиванием ею сепарационных отверстий измельчителя и пресса, а также получения нестандартного готового продукта по белку и минеральным веществам, производители рыбной муки отказываются принимать и перерабатывать её в значительных количествах. Поэтому учёными всех стран ведутся активные поиски по переработке и использованию рыбной чешуи в промышленных масштабах.

В обзоре представлены исследования в области переработки и применения чешуи в различных областях экономики. Сделан вывод, что чешуя, образующаяся в процессе обработки рыбы, является скоропортящимся сырьём и требует немедленной переработки. У большинства рыбоперерабатывающих предприятий малые и средние производственные мощности и они не имеют возможностей для сохранения даже небольших объёмов образующейся чешуи надлежащего качества. Поэтому инвестиции для получения из чешуи продукции с высокой добавленной стоимостью (коллаген, желатин, пептиды) на данных предприятиях нецелесообразны. Наиболее рациональным применением данного сырья является его непосредственное использование в пищу или опосредованно через производство кормовых добавок.

рыбная чешуя, рыбная мука, коллаген, кормовая мука, пептиды

The article presents a brief analytical review of the literature devoted to the problem of recycling fish scales and its diverse application. The review is aimed at selecting the most economically viable method of recycling fish scales and its commercial application. At present scale is not in a high demand, being actually industrial waste and

thus polluting the environment. Scale makes up 1- 10% of a fish. Fish is a source of protein (40 – 60%) and minerals (30 – 56%). Scale collagen make up about 80% of all its protein. The main direction of processing scale is production of fish meal (about 10% of all collected fish scales). Due to the problems with scale shredding in its raw form and clogging of the grinder holes and the press, as well as obtaining a product with non-standard protein and minerals characteristics, manufacturers of fish meal refuse to process it in large quantities. Therefore, scientists from all countries are being actively sought for its processing and commercial application. The review presents studies and application of scale in various areas of the economy. A conclusion has been made that the scale is a highly perishable raw material and requires immediate processing. Most fish processing enterprises have small and medium-sized production facilities and do not have capacities to preserve a proper quality of small amounts of scale. Therefore, investments for making products with high added value (collagen, gelatin, peptides) out of scale on these enterprises are impractical. The most efficient use of this material is its direct use as food or indirectly through production of feed additives.

fish scale, fish meal, collagen, feed meal, peptides

ВВЕДЕНИЕ

Чешуя рыб выполняет функцию механической защиты кожи. У рыб выделяют три основных типа чешуи, различающихся как по форме, так и по материалу, из которого она построена: плакоидная, ганоидная и костная. Костная чешуя свойственна большинству современных костистых рыб, филогенетически представляет видоизменение ганоидной чешуи. Выделяют два типа костной чешуи: циклоидную, с гладким задним краем, и ктеноидную, по заднему, свободному от кормашка края которой находятся шипики (ктении). Циклоидная чешуя [1] присуща, как правило, низкоорганизованным рыбам (сельде-, щукообразные и др.), ктеноидная встречается у высокоорганизованных рыб (окуне-, камбалаобразные). Размеры чешуи тесно связаны со способом движения рыбы. Наиболее крупная она у малоподвижных рыб, большинство из которых являются обитателями стоячих вод (многие карповые). Установлено, что структура чешуи четко подразделяется на тонкий наружный сильно минерализованный гиалодентиновый слой и толстую внутреннюю базальную пластинку [1-3]. В структуру гиалодентинового слоя входят пигменты, кристаллы гидроксиапатита и случайно ориентированные коллагеновые волокна. Базальная пластинка чешуи состоит из множества тонких ламелл, каждая из которых включает плотноупакованные пучки коллагеновых волокон постоянного диаметра. Таким образом, коллагеновые волокна распределены по типу многослойной клееной фанеры в базальной пластинке чешуи. Плотность укладки пучков коллагеновых волокон достаточно велика. Устойчивость чешуи к механическому воздействию очень высока благодаря именно этой иерархически организованной структуре. Рыбная чешуя является источником белка (40-60 %) и минеральных веществ (30-56 %). Коллаген чешуи составляет 80-90 % от всех её белков.

В настоящее время основное направление переработки чешуи – производство рыбной кормовой муки (около 10 % от всей получаемой рыбной чешуи). Однако из-за особенностей строения чешую проблематично измельчить в сыром виде: она забивает сепарационные отверстия измельчителя и пресса, в процессе её

варки образуется глютин (основа рыбного клея), что способствует образованию комков-катышей, которые невозможно не только высушить, но и вынуть из установки. Кроме того, получаемая мука имеет пониженное содержание протеина и повышенное солей (в частности кальция и фосфора) по сравнению с нормативными показателями производства кормовой рыбной муки. Поэтому производители рыбной муки отказываются принимать и перерабатывать её в значительных количествах. В настоящее время чешуя мало востребована и фактически является отходами предприятий, загрязняющим окружающую среду. Количество чешуи составляет от 1 до 10 % от массы рыбы. Учитывая значительное количество чешуи, образующейся при разделке рыбы, во всём мире ведутся активные поиски её рационального использования.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЧЕШУИ

Японские ученые разработали метод выращивания костей из коллагена рыбьей чешуи [4]. Помимо коллагена I типа она содержит гидроксипатит кальция, эквивалентный веществам, которые можно найти в человеческой кости. Поэтому ее применение в медицине, в частности для инженерии костной ткани, привлекает внимание многих учёных [5, 6].

Рыбная чешуя, обработанная под воздействием тепла и давления без дополнительных связующих агентов, была использована как пластик для приготовления чашек, обыкновенных и плавательных очков в дизайнерских целях [7], а также как биопластик для использования в различных направлениях. Известно, что коллагены обладают пьезоэлектрическими свойствами – электрический заряд генерируется в ответ на применение механического напряжения. Это было использовано индийскими физиками [8] для изготовления био-пьезоэлектрического наногенератора из предварительно деминерализованной чешуи рыб. Обработанная и ламинированная полипропиленовой плёнкой чешуя рыб с присоединёнными электродами, даже после нескольких прикосновений (изгибаний) пальцами, может включать более 50 синих светодиодов. В будущем возможно внедрение данного наногенератора в сердце (кардиостимулятор), где он будет постоянно генерировать энергию от сердечных сокращений. Кроме этого, необходимо также разработать и спроектировать сложную электронику из нетоксичных материалов (пищевых), пригодных для широкого спектра диагностических и терапевтических применений, а также для портативной электроники.

Чешуя рыб была исследована в качестве диэлектрика при получении углеродных наночастиц и нанотрубок [9]. Данные материалы могут быть успешно использованы при производстве тонкопленочных резисторов, плат, транзисторов и переключателей пультов управления.

Проводились исследования по использованию рыбной чешуи при создании аккумуляторной батареи [10], которые показали перспективность данного направления.

Описан процесс обработки [11] и характеристики нового класса эпоксидных матричных композитов, армированных короткими волокнами, полученными из чешуи свежей рыбы (*Labeo rohita*).

Эти композиты обладают повышенной микротвёрдостью и прочностью на растяжение и изгиб. Полученные композиты должны найти применение в качестве потенциальных материалов для роликовых конвейеров, труб, несущих пы-

левидные частицы угля для электростанций, насосов и лопастей крыльчаток, а также в качестве недорогих материалов для строительства жилья. Проведено большое количество исследований по получению коллагена, желатина и пептидов из чешуи различных рыб [12, 13]. Особенности выделения коллагена из чешуи по сравнению с коллагеном животного происхождения является необходимость её предварительной деминерализации ввиду значительного содержания минеральных солей (процесс может занимать несколько дней) и более низких функциональных характеристик (температура, гелеобразование и плавление, прочность геля, пониженное содержание аминокислоты гидроксипролина и др.).

В рыбной промышленности предложено несколько способов получения пищевых продуктов, где в качестве одного из компонентов является рыбная чешуя [14-18].

Проведён ряд исследований [19, 20] по выделению тяжёлых металлов из сточных вод при помощи рыбной чешуи. Была показана перспективность её использования в качестве адсорбента тяжёлых металлов, а также углекислого газа [21].

Адсорбция астаксантина (каротиноид) из сточных вод обработки морепродуктов рыбьей чешуей приводит к возможности использования данной системы (астаксантин/чешуя) для обработки сточных вод различных производств, ввиду ее высокой фильтрационной способности [22].

Проведены исследования по использованию рыбной чешуи в качестве промышленного сырья для её ферментативного гидролиза протеазой *Aspergillus niger* АВ100-А с целью получения высокобелкового водорастворимого органического удобрения [23].

Предложен способ получения органического удобрения и кормовых добавок на основе остаточных продуктов переработки рыбных отходов [24].

Запатентован способ переработки кератинсодержащего сырья на корм (в том числе рыбной чешуи) путём его обработки ферментами, поверхностно-активными веществами и мочевиной [25].

Проведены физиолого-биохимические и рыбоводные испытания эффективности замены части рыбной муки на коллагенсодержащий компонент (чешуя рыб) в комбикормах при выращивании молоди форели, показавшие перспективность использования данного компонента в составе рецептур кормов для рыб [26].

Разработаны способы получения кормовых продуктов с использованием рыбной чешуи [27-29].

Предложен ряд рецептур комбикормов с использованием рыбной чешуи в качестве одного из компонентов [30, 31].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧЕШУИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ

Чешуя рыб традиционно используется в качестве основного сырья для получения гуанина – органического соединения, являющегося одним из пуриновых оснований (2-амино-6-оксипурин), представляющего собой бесцветное кристаллическое вещество. Содержание гуанина составляет до 3,5 % от массы чешуи. Кристаллы гуанина имеют двойное лучепреломление и обладают перламутровым эффектом, что позволяет использовать его для производства лаков, а также для имитации перламутровых и жемчужных поверхностей (бумаги, целлулоида, кожи,

пластмасс и др.). Используют гуанин и для получения лекарственных препаратов – гипоксантина и кофеина. Суспензии кристаллов гуанина в нитролаке (жемчужный пат) или смесь гуанина с этиловым спиртом, или касторовым, или парфюмерным маслом (перламутровый препарат) находят применение в косметической промышленности [32].

Из-за высокого содержания коллагена и низкого содержания жира чешуя рыб является хорошим сырьём для получения рыбного клея. Его применяют в различных отраслях производства, так как он обладает свойствами клеящего, плёнкообразующего, покровного, защитного и адгезионного полимера природного происхождения.

Технология изготовления клея [33] из чешуи рыб позволяет получить продукт, соответствующий качественным показателям и потребительским свойствам рыбного клея из плавательных пузырей, который используется для осветления вин, приготовления желе и студня, склеивания тканей, кожи, производства темперных красок и приклеивания полотен [34], упаковочных материалов пищевого и бытового значения, для предпосевной обработки семян [35], а также в производстве основ (дисперсий) для изготовления строительных, кладочных и лакокрасочных материалов [36].

Коллаген из чешуи рыб находит применение в косметической, медицинской, фармацевтической промышленности и в производстве функциональных продуктов питания. Способность коллагена стимулировать выработку собственного коллагена организма, а также его влагоудерживающие свойства способствуют созданию различных сывороток, лосьонов, кремов, масок, бальзамов, шампуней, эликсиров, гелей, паст, инъекционных растворов и других косметических препаратов, в рецептуры которых входит рыбный коллаген [37, 38].

В медицине рыбный коллаген находит применение в виде различных плёнок, губок, ниток, повязок, пластырей, контактных линз, гелей, мазей; препаратов для лечения ран, ожогов, трофических язв, пульпитов, гипертонической болезни, остеоартрита, недержания мочи; капсул и таблеток с различными наполнителями для перорального введения; как культуральные среды, заменителя кожи и костной ткани; в качестве компонента искусственных кровеносных сосудов, имплантата в косметической хирургии; выявлен противораковый эффект от его использования [37, 39, 40].

В настоящее время в Калининградской области разработаны и внедрены в промышленное производство способы получения кормовой добавки или удобрения, включающие использование рыбной чешуи, коллагенсодержащих рыбных отходов и растительного компонента [41, 42]. С их помощью на предприятии ООО НПП «Прок-М» было произведено более 1 тыс. т кормовой муки на основе рыбной чешуи.

Кормовая добавка используется в рецептуре комбикормов для кормления сельскохозяйственных животных (включая пушных зверей), птиц и рыб.

ВЫВОДЫ

1. Рыбная чешуя является источником белка (40-60 %) и минеральных веществ (30-56 %). Коллаген чешуи составляет 80-90 % от общего количества её белков.

2. Количество чешуи составляет от 1 до 10 % от массы рыбы.

3. Основным направлением переработки чешуи является производство рыбной кормовой муки (около 10 % от всей получаемой рыбной чешуи). Из-за проблем с измельчением чешуи в сыром виде и забиванием ею сепарационных отверстий измельчителя и прессы, а также получения нестандартного готового продукта по белку и минеральным веществам производители рыбной муки отказываются принимать и перерабатывать её в значительных количествах

4. В настоящее время чешуя мало востребована и фактически является отходами предприятий, загрязняя тем самым окружающую среду.

5. Чешуя, образуемая в процессе разделки рыбы, является скоропортящимся сырьём и нуждается в немедленной обработке. У большинства рыбоперерабатывающих предприятий малые и средние производственные мощности и у них нет возможности для сохранения даже небольших объёмов образующейся чешуи надлежащего качества. Поэтому инвестиции для получения из данного сырья продукции с высокой добавленной стоимостью (коллаген, желатин, пептиды) на данных предприятиях нецелесообразны.

6. Наиболее рациональное применение чешуи – непосредственное использование ее в пищу или опосредованно через производство кормовых добавок.

7. Проведённые нами исследования (сардина, сардинелла) показали повышенное содержание в чешуе цинка (не более 100 мг/кг для кормовых и 40 мг/кг для пищевых продуктов, согласно нормативным показателям). Снижение уровня тяжёлых металлов в пищевых продуктах весьма проблематично и связано, как правило, с уменьшением выхода готовой продукции и дополнительными затратами. Поэтому наиболее целесообразным применением чешуи является производство кормовых добавок на её основе.

8. В Калининградской области разработан и внедрен в промышленное производство способ получения кормовой муки на основе рыбной чешуи, позволяющий снизить уровень цинка до нормативных показателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тылик, К. В. Общая ихтиология: монография / К. В. Тылик. – Калининград: ООО «Аксиос», 2015. – С. 37-41.

2. Иванова, Е. А. Морфологическое обоснование технологии переработки чешуи рыб для получения коллагеновых субстанций / Е. А. Иванова, О. С. Якубова // Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России [Электронный ресурс]: материалы III международной научно-практической интернет-конференции 15 ноября – 15 декабря 2013. – Орёл: Госуниверситет – УНПК, 2013. – С. 21-26.

3. Nováková H. et al. Determination of heavy metals in fish scales // Journal of Biochemical Technology. – 2014. – Т. 2, №. 5. – S. 48-49.

4. Из чешуи рыб вырастили человеческие кости [Human bones grown out of fish scale]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.likar.info/travmatologiya-i-ortopediya/news-56761-iz-cheshui-ryb-vyrastili-chelovecheskie-kosti/> (дата обращения 19.12.2016)

5. Mondal S. et al. Studies on processing and characterization of hydroxyapatite biomaterials from different bio wastes //Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering.–2012.–Т.11.–№.01 – С. 55.
6. Pon-On W. et al. Hydroxyapatite from fish scale for potential use as bone scaffold or regenerative material // Materials Science and Engineering. – 2016. – Т. 62. – С. 183-189.
7. <https://www.dezeen.com/2011/07/15/the-fish-feast-by-erik-de-laurens/> / (дата обращения 25.11.2016)
8. High-performance bio-piezoelectric nanogenerator made with fish scale. Sujoy Kumar Ghosh and Dipankar Mandai Appl. Phys. Lett.109 (10), 103701 2016 <http://dx.doi.org/10.1063/1.4961623>
9. Sundaramurthy I., Thangavelu M., Mohammed F. K., Govindaswamy R., Thottapalli P. S. Fabrication of prototype flexible semi conducting thin film with carbon nanoparticles and carbon nanotubes using fish scale collagen. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology Vol. 3, Issue 3, March 2014. pp. 10379 -10387.
10. Preparation of a Rechargeable Battery Using Waste Protein from the Fish Scales Zahid Hussain et al., J. Chem. Soc. Pak., Vol. 37, No. 04, 2015 pp. 824 – 829.
11. Reza Atefi, Ali Razmavar , Farhad Teimoori , Farshad Teimoori Mechanical Characterization, Fabrication and FTIR Spectroscopic Analysis of Fish Scale Reinforced Epoxy Composites Life Science Journal 2012;9(2) p. 1080 -1082 <http://www.lifesciencesite.com> lifesciencej@gmail.com 1080.
12. Silva T. H., Moreira-Silva J., Marques A. L. P., Domingues A., Bayon Y., Reis R. L. Marine Origin Collagens and Its Potential Applications, Marine Drugs, 2014 Vol. 12, Issue 12, pp. 5881-5901.
13. Gómez-Guillén M.C., Giménez B., López-Caballero M.E., Montero M.P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. Food Hydrocolloids v. 25, - p. 1813 – 1827 - 2011.
14. Антипова, Л. В. Сухая основа из малоценных продуктов разделки прудовых рыб для приготовления первых блюд / Л. В. Антипова, О. П. Дворянинова, Ю. Н. Воронцова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 2-3. – С. 76-79.
15. Пат.(RU) 2241347 С2 МПК7 А23 L 1/0562, 1/325, 1/30. Способ получения пищевой добавки. Степанцова Г. Е., Воробьев В. И. - № 2002102173.
16. Пат. (RU) 2552444 С1 МПК А23L 1/39. Композиция продукта с биологически активными свойствами. Мезенова Н. Ю., Байдалинова Л. С., Мезенова О. Я. Заявл. 23.12.2013. Оpubл. 10.06.15.
17. Матковская, М. В. Разработка технологий продукции геродиетического питания с применением биологически активных компонентов вторичного рыбного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Матковская Мария Владимировна. – Калининград, 2016. - 210 с.
18. Хёлинг, А. Протеины из вторичного рыбного сырья как инновационные компоненты спортивного питания / А. Хёлинг [и др.] // Известия КГТУ. – 2015. – № 39. – С. 85-94.
19. Huang, E. 2007 Use of fish scales as biosorbent for the removal of copper in water. Water Research Vol. 30(9), p. 1985-1990.

20. Norzila O., Mohd I. J. Characterization and optimization of heavy metals Biosorption by fish scales. Regional Symposium on Engineering and Technology 2011 Kuching, Sarawak, Malaysia, 21-23 November 2011 p. 126 - 132.
21. Bicheng Huang, Hongyuan Shao, Naiqiang Liu, Zhichuan J. Xu, Yaqin Huang From fish scales to highly porous N-doped carbon: a low cost material solution for CO₂ capture RSC Adv., 2015, 5, pp. 88171-88175.
22. Recovery of astaxanthin from seafood wastewater utilizing fish scales waste [Text]: научное издание / P. Stepnowski [et al.] // Chemosphere. - 2004. - Vol. 54, N 3. – P.413-417.
23. Basu B., Banik A. K. Production of protein rich organic fertilizer from fish scale by a mutant *Aspergillus niger* AB100–A media optimization study // J Sci Ind Res. – 2005. – Т. 64 – С 293-298.
24. Пат. (HUN) 3034(A) – 1985-12-28 МПК А23К1/18. Method for producing fodders consist of developed slaughterhouse by-products. Hegedus M., Fazekas T., Koleszar M., Tamas J., Bokori J., Habodas K., Safar G. HU19830002401 19830704.
25. Пат. 2502714 РФ. Способ получения органического удобрения и кормовых добавок на основе остаточных продуктов переработки рыбных отходов / Пашнюк Д. А. - № 2012123409/13; заявл. 06.06.2012; опубл. 27.12.2013.
26. Сергеева, Н. Т. Физиолого-биохимический статус молоди форели, выращиваемой на кормах с введением коллагенсодержащего компонента из отходов рыбпереработки / Н. Т. Сергеева, В. И. Воробьев, И. В. Перловская // Теоретические и прикладные аспекты биоэкологии: Юбилейный сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во КГУ, 2003. - С. 128 – 133.
27. Пат. (RU) 2097992 С1МПК6 А23L001/326 Способ получения муки из рыбной чешуи. Джамбулатов М. М., Магомедов М. Ш., Дугричилов Д. М., Алигазиева П. А. Опубл. 10.12.97.
28. Пат. (RU) 2262861 С2 МПК7 А23К1/10. Способ получения кормовой белково-минеральной муки (варианты). Воробьев В. И., Сергеева Н. Т. Заявл. 2001.03.29. Опубл. 2005.10.27.
29. Пат. (RU) 94014824 А1 МПК А23К 1/10. Способ получения рыбной кормовой муки. Долганова Н. В. Заявл. 21.04.1994. Опубл. 20.04.1996.
30. Пат. (CN) 104054959 (A) - 2014-09-24 (A) МПК А23К1/00, А23К1/10, А23К 1/14, А23К1/16, А23К 1/18 Laying hen feed. Song S. CN2014126655620140616
31. Пат. (CN)104522334 (A) -2015-04-22 (A) МПК А23К1/00, А23К1/14, А23К1/16, А23К1/18 Cow-dung-fermented feed for specially used for ducks and preparing method thereof Chen Z. CN2014163364920141112
32. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник для вузов / под ред. А. М. Ершова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. – С. 761-764.
33. Пат. (RU) 2568127 С1 МПК С09Н1/00. Способ получения рыбного клея. Долганова Н. В., Якубова О. С., Иванова Е. А. - № 2014113875/13. Заявл. 08.04.2014. Опубл. 10.11.2015. Бюл. № 31.
34. Иванова, Е. А. Товароведная характеристика клея, получаемого из чешуи рыб / Е. А. Иванова, О. С. Якубова // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 162-168.

35. Пат. (RU) 2014128363(A) МПК A01C 1/06. Композиция для предпосевной обработки семян огурца. Якубова О. С., Иванова Е. А., Байрамбеков Ш. Б., Полякова Е. В. Заявл. 10.07.2014. Опубл. 27.01.2016. Бюл. № 03.
36. Антипова, Л. В. Оценка возможности использования природных биополимеров рыбного происхождения в технологиях лакокрасочных покрытий / Л. В. Антипова [и др.] // Продовольственная безопасность научное, кадровое и информационное обеспечение: Междунар. науч.-техн. конф.: материалы. - Воронеж, 2014 – С. 271-277.
37. Сапожникова, А. И. Применение коллагена в медицине и косметологии / А. И. Сапожникова, Е. В. Щукина. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.collagen.su/archives/904> (дата обращения 20.11.2016).
38. Бологова, С. Б. Перспектива применения рыбного коллагена в косметической и фармацевтической промышленности / С. Б. Бологова, Л. В. Антипова, А. В. Гребенщиков // Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия: XII Междунар. науч.-практ. конф., 10-11.07.2015. – Новосибирск, 2015. – С. 128-131.
39. Батечко, С. А. Коллаген. Новая стратегия сохранения здоровья и продления молодости / С. А. Батечко, А. М. Ледзевиров. – Колечково, 2010. – 244 с.
40. Киселев, В. И. Применение коллагена в медицине / В. И. Киселев // Морская индустрия: Информационно-аналитический журнал. – 2002. – №2(15). – С. 32.
41. Пат. (RU) 2528458 С1 МПК A23K 1/00. Способ получения кормовой добавки или удобрения из гидробионтов. Воробьев В. И., Бушуев А. А. Патентообл. ООО «Прок-Агро» Опубл. 20.09.2014. Бюл. № 26.
42. Заявка (RU) Способ получения кормовой добавки или удобрения. Воробьев В. И. № 2015157332. Заявл. 30.12.2015.

REFERENCES

1. Tylik K. V. *Obshchaya ikhtiologiya* [General ichthyology]. Kaliningrad, ООО «Aksios», 2015, pp. 37-41.
2. Ivanova E. A., Yakubova O. S. Morfologicheskoe obosnovanie tekhnologii pererabotki cheshui ryb dlya polucheniya kollagenovykh substantsiy [Morphological validation of the technology for fish scale processing to obtain collagen substances]. *Prioritety i nauchnoe obespechenie realizatsii gosudarstvennoy politiki zdorovogo pitaniya v Rossii* [Priorities and scientific support of implementation of the state policy in healthy eating in Russia]. Available at: *Materialy III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii 15 noyabrya-15 dekabrya 2013* [Proceedings of the III international research online-conference 15 November-15 December 2013]. Orel, Gosuniversitet – UNPK, 2013, pp. 21-26.
3. Nováková H. et al. Determination of heavy metals in fish scales. *Journal of Biochemical Technology*. 2014, vol. 2, no. 5, pp. 48-49.
4. *Iz cheshui ryb vyrastili chelovecheskie kosti* [Human bones grown out of fish scale]. Available at: <http://www.likar.info/travmatologiya-i-ortopediya/news-56761-iz-cheshui-ryb-vyrastili-chelovecheskie-kosti/> (Accessed 19 December 2016).

5. Mondal S. et al. Studies on processing and characterization of hydroxyapatite biomaterials from different bio wastes. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 2012, vol. 11, no. 1, 55 p.
6. Pon-On W. et al. Hydroxyapatite from fish scale for potential use as bone scaffold or regenerative material. *Materials Science and Engineering: C*. 2016, vol. 62, pp. 183-189.
7. Available at: <https://www.dezeen.com/2011/07/15/the-fish-feast-by-erik-de-laurens/> (Accessed 25 November 2016).
8. High-performance bio-piezoelectric nanogenerator made with fish scale. Sujoy Kumar Ghosh and Dipankar Mandai *Appl. Phys. Lett.* 109 (10), 103701, 2016. Available at: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4961623>.
9. Sundaramurthy I., Thangavelu M., Mohammed F. K., Govindaswamy R., Thottapalli P. S. Fabrication of prototype flexible semi conducting thin film with carbon nanoparticles and carbon nanotubes using fish scale collagen. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. Vol. 3, Issue 3, March 2014. pp. 10379 -10387.
10. Preparation of a Rechargeable Battery Using Waste Protein from the Fish Scales. Zahid Hussain et al. *J. Chem. Soc. Pak.* 2015, vol. 37, no. 4, pp. 824- 829.
11. Reza Atefi, Ali Razmavar, Farhad Teimoor, Farshad Teimoori. Mechanical Characterization, Fabrication and FTIR Spectroscopic Analysis of Fish Scale Reinforced Epoxy Composites, *Life Science Journal*, 2012, no. 9(2), pp. 1080-1082. Available at: <http://www.lifesciencesite.com> lifesciencej@gmail.com 1080.
12. Silva T. H., Moreira-Silva J., Marques A. L. P., Domingues A., Bayon Y., Reis R. L. Marine Origin Collagens and Its Potential Applications, *Marine Drugs*, 2014, vol. 12, issue 12, pp. 5881-5901.
13. Gómez-Guillén M. C., Giménez B., López-Caballero M. E., Montero M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. *Food Hydrocolloids*, 2011, vol. 25, pp. 1813-1827.
14. Antipova L. V., Dvoryaninova O. P., Vorontsova Yu. N. Sukhaya osnova iz malotsennykh produktov razdelki prudovykh ryb dlya prigotovleniya pervykh blyud [Solid basis from non-merchantable products of pond fish dressing for cooking soups]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2012, no. 2-3, pp. 76-79.
15. Pat. (RU) 2241347 S2 MPK7 A23 L 1/0562, 1/325, 1/30. Sposob polucheniya pishchevoy dobavki [Method for production of food additive]. Stepantsova G. E., Vorob'ev V. I. № 2002102173.
16. Pat. (RU) 2552444 C1 MPK A23L 1/39. Kompozitsiya produkta s biologicheskimi aktivnymi svoystvami [Composition of a product with biologically active properties]. Mezenova N. Yu., Baydalinova L. S., Mezenova O. Ya. Zayavl. 23.12.2013. Opubl. 10.06.15.
17. Matkovskaya M. V. *Razrabotka tekhnologiy produktsii gerodieticheskogo pitaniya s primeneniem biologicheskimi aktivnykh komponentov vtorichnogo rybnogo syr'ya*. Disc. kand. tekhn. nauk [Development of products for elderly nutrition using biologically active components of secondary fish material. PhD thesis in Engineering]. Kaliningrad, 2016, 210 p.
18. Kheling A., Grimm T., Volkov V. V., Mezenova N. Yu. Proteiny iz vtorichnogo rybnogo syr'ya kak innovatsionnye komponenty sportivnogo pitaniya

[Proteins from secondary fish material as innovative components of sport nutrition]. *Izvestiya KGTU*, 2015, no. 39, pp. 85-94.

19. Huang E. Use of fish scales as biosorbent for the removal of copper in water. *Water Research*. 2007, vol. 30(9), pp. 1985-1990.

20. Norzila O., Mohd I. J. Characterization and optimization of heavy metals Biosorption by fish scales. Regional Symposium on Engineering and Technology-2011, Kuching, Sarawak, Malaysia, 21-23 November 2011, p. 126-132.

21. Bicheng Huang, Hongyuan Shao, Naiqiang Liu, Zhichuan J. Xu, Yaqin Huang. From fish scales to highly porous N-doped carbon: a low cost material solution for CO₂ capture RSC Adv., 2015, vol. 5, pp. 88171-88175.

22. Stepnowski et al. Recovery of astaxanthin from seafood wastewater utilizing fish scales waste. *Chemosphere*. 2004, vol. 54, no 3, pp. 413-417.

23. Basu B., Banik A. K. Production of protein rich organic fertilizer from fish scale by a mutant *Aspergillus niger* AB100—A media optimization study. *J. Sci Ind Res*. 2005, vol. 64, pp. 293-298.

24. Pat. (HUN) 3034(A) – 1985-12-28 MPK A23K1/18. Method for producing fodders consist of developed slaughterhouse by-products. Hegedus M., Fazekas T., Koleszar M., Tamas J., Bokori J., Habodas K., Safar G. HU19830002401 19830704.

25. Pat. 2502714 RF. Sposob polucheniya organicheskogo udobreniya i kormovykh dobavok na osnove ostatochnykh produktov pererabotki rybnykh otkhodov [Method of producing organic fertilizer and feed additives using fish residues]. D. A. Pashnyuk. № 2012123409/13. Zayav. 06.06.2012. Opubl. 27.12.2013.

26. Sergeeva N. T., Vorob'ev V. I., Perlovskaya I. V. *Fiziologo-biokhimicheskiy status molodi foreli, vyrashchivaemoy na kormakh s vvedeniem kollagensoderzhashchego komponenta iz otkhodov rybopererabotki. Teoreticheskie i prikladnye aspekty bioekologii: yubileynnyy sbornik nauchnykh trudov* [Physiological and biochemical status of young trout, bred with collagen containing feeds made from fish residues. Theoretical and practical aspects of bioecology: anniversary collection of scientific works]. Kaliningrad, Izd-vo KGU, 2003, pp. 128-133.

27. Pat. (RU) 2097992 C1MPK6 A23L001/326 Sposob polucheniya muki iz rybnoy cheshui [Method of producing meal from fish scale] . Dzhambulatov M. M., Magomedov M. Sh., Dugrichilov D. M., Aligazieva P. A. Opubl. 10.12.97.

28. Pat. (RU) 2262861 S2 MPK7 A23K1/10. Sposob polucheniya kormovoy belkovo-mineral'noy muki (varianty) [Method for production of feed protein-mineral meal (variants)]. Vorob'ev V. I., Sergeeva N. T. Zayavl. 29.03.2001. Opubl. 27.10.2005.

29. Pat. (RU) 94014824 A1 MPK A23K 1/10. Sposob polucheniya rybnoy kormovoy muki [Method for production of feed meal]. Dolganova N. V. Zayavl. 21.04.1994. Opubl. 20.04.1996.

30. Pat. (CN) 104054959 (A) - 2014-09-24 (A) MPK A23K1/00, A23K1/10, A23K 1/14, A23K1/16, A23K 1/18 Laying hen feed. Song S. CN2014126655620140616.

31. Pat. (CN)104522334 (A) -2015-04-22 (A) MPK A23K1/00, A23K1/14, A23K1/16, A23K1/18 Cow-dung-fermented feed for specially used for ducks and preparing method thereof Chen Z. CN2014163364920141112.

32. Baranov V. V., Brazhnaya I. E., Grokhovskiy V. A. i dr. *Tekhnologiya ryby i rybnykh produktov: uchebnyk dlya vuzov* [Technology of fish and fish products: student's book for universaries]. Saint-Petersburg, GIOR, 2006, pp. 761-764 s.

33. Pat. (RU) 2568127 C1 MPK S09H1/00. Sposob polucheniya rybnogo kleya [Method for production of fish glue]. Dolganova N. V., Yakubova O. S., Ivanova E. A. № 2014113875/13. Zayavl. 08.04.2014. Opubl. 10.11.2015. Byul. № 31.
34. Ivanova E. A., Yakubova O. C. Tovarovednaya kharakteristika kleya, poluchaemogo iz cheshui ryb [Merchandising characteristics of the glue made from fish scale]. *Vestnik AGTU. Ser. Rybnoe khozyaystvo*. 2013, no. 3, pp. 162-168.
35. Pat. (RU) 2014128363(A) MPK A01C 1/06. Kompozitsiya dlya predpovsevnoy obrabotki semyan ogurtsa [Composition for preplanting treatment of cucumber seeds]. Yakubova O. C., Ivanova E. A., Bayrambekov Sh. B., Polyakova E. V. Zayavl. 10.07.2014. Opubl. 27.01.2016. Byul. № 03.
36. Antipova L. V., Dvoryaninova O. P., Sokolov A. V., Garshina T. S., Kanonistova S. S., Matasova K. V. Otsenka vozmozhnosti ispol'zovaniya pri-rodnykh biopolimerov rybnogo proiskhozhdeniya v tekhnologiyakh lakokrasochnykh pokrytiy [Assessment of the use of natural biopolymers made from fish in the technology of paints and coatings]. *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Prodoval'stvennaya bezopasnost', nauchnoe, kadrovoe i informatsionnoe obespechenie: materialy"* [International research and practical conference: "Food safety, scientific, staff and information support: proceedings"]. Voronezh, 2014, pp. 271-277.
37. Sapozhnikova A. I., Shchukina E. V. *Primenenie kollagena v meditsine i kosmetologii* [Application of collagen in medicine and cosmetology]. Available at: <http://www.collagen.su/archives/904> (Accessed 20 November 2016).
38. Bologova S. B., Antipova L. V., Grebenshchikov A. V. Perspektiva primeneniya rybnogo kollagena v kosmeticheskoy i farmatsevticheskoy promyshlennosti [Prospects for using fish collagen in aesthetic and pharmaceutical industries]. *XII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Nauchnye perspektivy XXI veka. Dostizheniya i perspektivy novogo stoletiya», 10-11.07.2015* [XII International research and practical conference "Scientific prospects of XXI century. Achievements and prospects of a new century", 10-11.07.2015]. Novosibirsk, pp. 128-131.
39. Batechko S. A., Ledzevirov A. M. *Kollagen. Novaya strategiya sokhraneniya zdorov'ya i prodleniya molodosti* [Collagen. New strategy for preservation of health and keeping youth]. Kolechkovo, 2010, 244 p.
40. Kiselev V. I. *Primenenie kollagena v meditsine* [Application of collagen in medicine]. *Morskaya industriya: informatsionno-analiticheskiy zhurnal*, 2002, no. 2 (15). - 2002, p. 32.
41. Pat. (RU) 2528458 C1 MPK A23K 1/00. Sposob polucheniya kormovoy dobavki ili udobreniya iz gidrobiontov [Method for producing feed additive or fertilizer from aquatic organisms]. Vorob'ev V. I., Bushuev A. A. Patentobl. OOO «Prok-Agro». Opubl. 20.09.2014. Byul. № 26.
42. Zayavka (RU). Sposob polucheniya kormovoy dobavki ili udobreniya [Method for producing feed additive or fertilizer]. Vorob'ev V. I. № 2015157332. Zayavl. 30.12.2015.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Vorobjov Victor Ivanovich – Kaliningrad State Technical University;
Associate Professor of the Chemical department; E-mail: mobi.dik.10@mail.ru

Нижникова Елена Владимировна – Калининградский государственный
технический университет; кандидат биологических наук,
доцент кафедры химии;
E-mail: nizhnikova6462@mail.ru

Nizhnikova Elena Vladimirovna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Biology, Associate Professor of the Chemical department;
E-mail: nizhnikova6462@mail.ru

УДК 66-963

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КАВИТАЦИОННОГО РЕЖИМА
ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СЫРНОЙ СЫВОРОТКИ

М. И. Елисеев, Ю. А. Фатыхов, Т. Людкевич

DETERMINING THE OPTIMUM CAVITATION MODE
FOR DISINFECTION OF CHEESE WHEY

M. I. Eliseev, Ju. A. Fatykhov, T. Lyudkevich

Применен новый метод низкотемпературной пастеризации и стерилизации пищевой жидкости, основанный на явлении кавитации. Разработан и создан экспериментальный стенд, оборудованный современными цифровыми датчиками с преобразованием сигнала на модули управления и регулирования. Описан принцип работы стенда и приведена блок-схема установки. Проведено исследование на экспериментальной кавитационной установке, средой для испытаний определена водопроводная вода. При возбуждении кавитации изучено влияние таких параметров, как среднеквадратичное ускорение, акустическая эмиссия, пульсации давления в зоне обработки. Определены номинальные значения динамического давления в рабочей камере кавитатора. Установлено влияние изменения геометрического строения кавитатора на параметры кавитационного воздействия. Приведен чертеж продольного сечения гидродинамического кавитатора прямого типа. Описаны конструкция кавитирующего элемента и материалы, из которых изготовлены составные части кавитатора. Произведен анализ и дана оценка зависимостей исследуемых параметров от диаметра кавитирующего элемента. Для того чтобы обеспечить высокий уровень обеззараживания жидкости, необходимо производить кавитационную обработку при некоторых оптимальных режимах, которые нами определяются на основании исследования сигналов, излучаемых из кавитационной камеры. Выбраны, исходя из анализа, режимы для микробиологических испытаний. Проведен эксперимент на пищевой жидкости методом низкотемпературной кавитационной обработки. Эксперимент проходил при температуре не выше 40°C с фиксацией характеризующих параметров. Приведены результаты экспериментальных исследований по обеззараживанию сырной сыворотки за счет кавитационной обработки в проточном гидродинамическом кавитаторе. Показано, что бактерицидный эффект кавитации зависит от степени интенсивности кавитации и числа циклов обработки.

кавитация, кавитатор, влияние параметров, давление, жидкость, воздействие

The authors of the article have applied a new method of low-temperature pasteurization and sterilization of food liquor, based on cavitation effect. An experimental stand has been designed, equipped with modern digital sensors with signal

conversion in control and regulation modules. Operating principle of the stand is described and a block diagram of the installation is provided. A study has been undertaken on the experimental cavitation installation with water being a test environment. The influence of the following parameters have been studied when launching cavitation: RMS acceleration, acoustic emission, pressure pulsation in the treatment area. Defined are the nominal values of the dynamic pressure in the processing chamber of the cavitator. The effect of changes of the geometric structure of the cavitation attack parameters has been determined. We have introduced a drawing of the longitudinal section of the hydrodynamic cavitator of continuous-flow type. The design is described of the cavitating element and the materials from which the main components of the cavitator components are made. An analysis has been carried out and the evaluation has been given of the dependence of the investigated parameters on the diameter of the cavitating element. In order to ensure a high level of fluid disinfection, it is necessary to do cavitation treatment at optimal conditions, which have been determined from the analysis of the signals emitted from the cavitation chamber. On the basis of the analysis, we have selected the modes for microbiological testing. An experiment on food liquor has been conducted using the method of a low-temperature cavitation treatment. The experiment took place at a temperature not higher than 40°C with recording of specific parameters. The results of experimental studies on the decontamination of cheese whey by means of cavitation treatment in a liquid-flow hydrodynamic cavitator are presented. It is shown that the bactericidal effect of cavitation depends on the degree of the cavitation intensity and the number of treatment cycles.

cavitation, cavitator, effect of parameters, pressure, fluid, impact

ВВЕДЕНИЕ

Решение проблемы здорового питания человека является одной из важнейших задач современности. Продукты переработки пищевых жидкостей как нельзя более отвечают требованиям полноценного питания. В связи с этим возникает необходимость в создании нового принципа их обработки, позволяющего рационально использовать все ценные компоненты при существенном сокращении затрат на производство.

Именно поэтому в практике молочного производства значительное внимание уделяется внедрению прогрессивных приемов и высокопроизводительного оборудования с целью повышения эффективности использования молока при его переработке. Одной из перспективных технологий, обеспечивающих значительную интенсификацию производственных процессов и открывающих широкие возможности для низкотемпературной пастеризации либо стерилизации, является кавитационная обработка жидкости [1-5].

Под кавитацией понимают процесс образования в жидкости парогазовых каверн вследствие разрыва сплошности из-за неспособности выдерживать растягивающие напряжения. То есть если создать такие условия, при которых давление понизится до давления насыщенного пара, то в жидкости образуются парогазовые каверны или пузырьки, соотношение содержания газа и пара в полости которых может быть различным – теоретически от нуля до единицы. В зависимости от концентрации пара или газа в полости их называют паровыми

или газовыми. Образовавшиеся микроскопические пузырьки схлопываются. Это явление носит название «синпериодическая кавитация» – процесс одновременного возникновения и схлопывания парогазовых пузырьков. Понижение давления в жидкости до давления насыщенного пара можно осуществить, например, за счет местного снижения давления в потоке жидкости при обтекании твердого тела (гидродинамическая кавитация) или прохождении через жидкость акустических колебаний (акустическая кавитация) [6].

Цель данной статьи – с помощью экспериментальной установки определить режим низкотемпературной обработки пищевой жидкости, при котором показатель степени обеззараживания продукта будет максимальным. Режим выбирается исходя из анализа показателей исследуемых параметров.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задача по обеззараживанию пищевой жидкости состоит в том, чтобы организовать многократное движение жидкости через зону кавитации с возможностью разделения обработанного потока от необработанного. С этой целью была создана 2-контурная схема установки (рис. 1), включающая в себя: 1 – насос; 2 – эжектор; 3 – кавитационный генератор; 4 – гидроцифрфугу; 5- блок охлаждения; 6 – кран-регулятор; 7 – анализатор размера частиц; 8 – байпас.

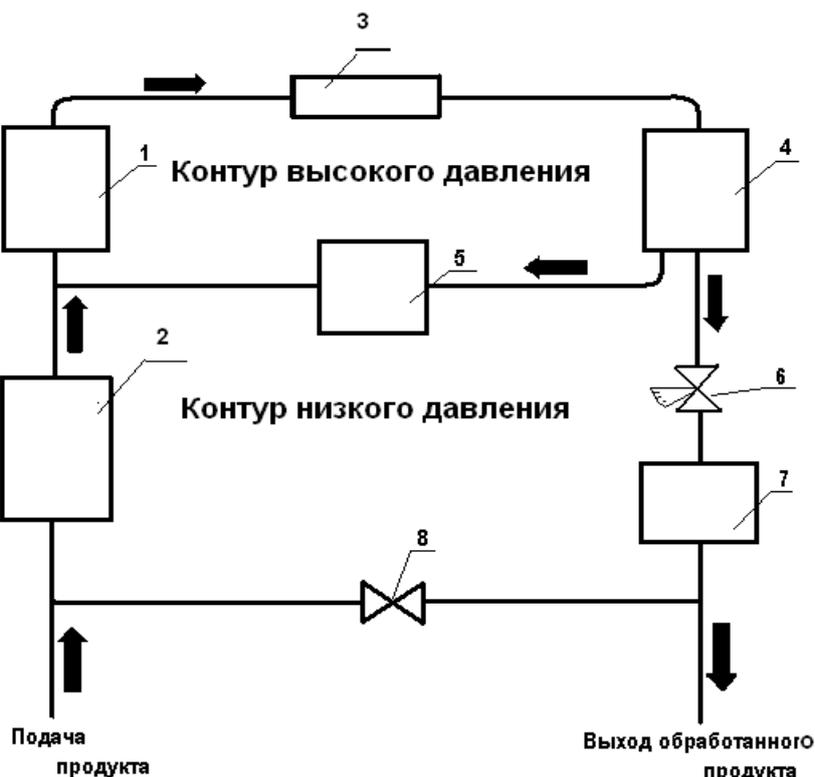


Рис. 1. Блок схема установки
Fig. 1. Block-diagram of the installation

Работает установка следующим образом.

Главный насос 1 подает жидкость с определенной скоростью в генератор кавитации 3 (далее - кавитатор). В соответствии с законом Бернулли при резком увеличении скорости движения жидкости происходит падение давления. Когда оно уменьшается до давления насыщенного пара, происходит разрыв сплошности жидкости с образованием множества микропузырьков. То есть поток становится двухфазным. Дальнейшее уменьшение скорости движения приводит к росту давления и, соответственно, к схлопыванию пузырьков с выделением разрушительной энергии (наноэксплозия).

Принципиально важно, что, не меняя схему агрегата, возможно изменять количество кавитаторов в генераторе кавитации, тем самым изменяя производительность устройства. Кроме того, в данном устройстве предусмотрен электронный контроль уровня кавитации с применением кавитометра.

После генератора кавитации жидкость поступает в гидроцентрифугу 4. Это устройство работает по аналогии с серийно выпускаемыми бактофугами. То есть при высокой угловой скорости (порядка 1500 – 2000 об/мин), с учетом массы единиц микрофлоры (значительно превышающих массу единиц жидкости), за счет центробежных сил происходит разделение потока на обработанный и необработанный. Необработанный поток через систему охлаждения 5 возвращается на повторную обработку. Блок охлаждения 5 необходим для избежания нагрева продукта в процессе обработки.

Обработанный поток проходит через кран-регулятор 6 и анализатор размера частиц 7 на выход. Работа анализатора размеров частиц основана на том, что частицы жидкости имеют линейные размеры значительно меньше единиц микрофлоры. При этом анализатор 7 в постоянном режиме контролирует размер частиц жидкости и при наличии в ней частиц размером более определенных размеров (а это и есть микрофлора) дает сигнал на кран-регулятор 6 через компьютер на уменьшение (до полного выключения) выхода готового продукта, увеличивая тем самым число его прохождений через зону кавитации.

Таким образом, осуществляется контроль качества на выходе и управление агрегатом. При этом параметры работы всего устройства могут подстраиваться под параметры обрабатываемого продукта в зависимости от его свойств [7].

Нами проведено исследование данной замкнутой системы на влияние изменения давления в рабочей камере на эксплозию кавитационного пузыря и определены значения акустической эмиссии и пульсаций давления в зоне обработки в зависимости от диаметра кавитирующего элемента.

Кавитатор (рис. 2) представляет собой трубу диаметром 50 мм, в которой находится кавитирующий элемент цилиндрической формы с коническим наконечником для обеспечения наименьшего гидравлического сопротивления потоку. На цилиндрической части элемента нарезаны канавки глубиной 2 мм, что приводит к повышению сдвиговых усилий в потоке. По обе стороны элемента расположены диффузоры с разным углом наклона. Диаметр в зоне посадки кавитирующего элемента составляет 28 мм, поэтому, чтобы число кавитации не выходило за рамки единицы, были созданы три элемента диаметрами 25,5; 26,0; 26,5 мм. За кавитирующим элементом находится рабочая камера, изготовленная из боросиликатного стекла, для визуального наблюдения за процессом возбуждения кавитационных пузырей и их схлопывания.

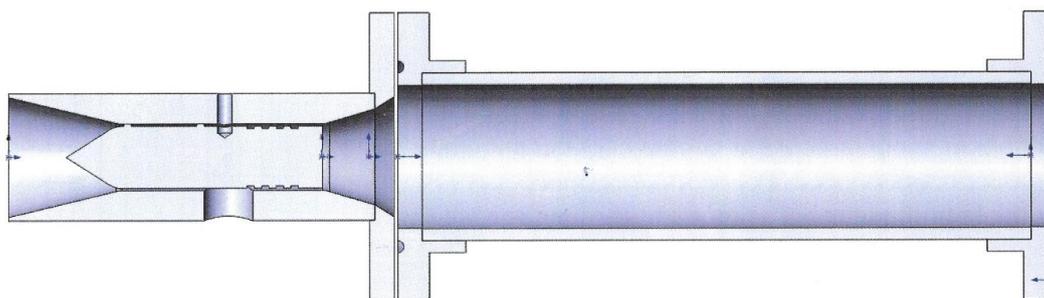


Рис. 2. Продольное сечение кавитатора
Fig. 2. Longitudinal section of the cavitator

Устройство оборудовано измерительными приборами и системой контроля параметров с преобразованием сигнала на компьютер с получением графической интерпретации экспериментальных зависимостей.

Исследование проводилось на трех кавитирующих элементах разного диаметра, что увеличивало либо уменьшало входное сечение в кавитатор и выход из него. Изменение давления в рабочей камере, где происходит схлопывание кавитационных пузырьков, производилось с помощью регуляционного затвора (Z2). Для повышения давления в рабочей камере в большей степени, чем это возможно с помощью регуляционного затвора, использовался компрессор.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все операционные показатели, связанные с изменением давления в рабочей камере и изменением диаметра кавитирующего элемента, представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Основные операционные показатели и показатели диагностической экспериментальной установки с кавитатором

Table 1. Key operational figures and indicators of the diagnostic experimental installation with the cavitator

Номер п/п	Q л/с	T °C	P ₁ кПа	P ₂ кПа	P ₃ кПа	A _{ср} м/с ²	A _{р-р} м/с ²	EA _{ср} mV	EA _{р-р} mV	Δp _{ср} кПа	Δp _{р-р} кПа
D = 25,5 мм; n = 3000 об/мин; водопроводная вода											
1		19	1903,0	107,0	114,0	0,42	3,97	8,68	108,7	0,39	1,81
2		27	1897,0	130,2	113,4	0,37	3,54	8,44	100,0	0,61	2,87
D = 25,5 мм; n = 3000 об/мин; водопроводная вода											
3	3,41	18	1901,6	112,1	113,6	0,44	4,19	8,51	100,7	0,42	1,87
4	3,37	23	1894,0	139,4	113,5	0,40	3,77	8,49	99,6	0,44	1,98
5	3,31	26	1888,8	160,3	113,5	0,38	3,59	8,59	97,2	0,47	2,27
6	3,41	31	1891,4	172,6	113,6	0,33	3,05	8,48	90,3	0,47	2,21

Окончание табл. 1

Номер п/п	Q	T	P ₁	P ₂	P ₃	A _{ср}	A _{р-р}	EA _{ср}	EA _{р-р}	Δp _{ср}	Δp _{р-р}
	л/с	°C	кПа	кПа	кПа	м/с ²	м/с ²	mV	mV	кПа	кПа
D = 25,5 мм; n = 3000 об/мин; водопроводная вода; работа с компрессором											
7	3,43	20	1964,0	175,8	183,1	0,37	3,44	7,92	83,5	0,42	1,86
8	3,43	23	1959,5	229,6	185,6	0,35	3,37	7,79	75,5	0,40	1,75
9	3,43		1958,0	225,9	188,3	0,36	3,44	7,84	84,0	0,41	1,79
10a	3,47	31	1949,6	227,4	191,0						
D = 25,5 мм; n = 1500 об/мин; водопроводная вода											
10	6,41	20				0,08	0,91	7,13	71,9	0,72	0,88

Обозначение параметров:

Q – расход; T – температура жидкости; P₁ – давление перед кавитатором; P₂ – давление в рабочей камере; P₃ – давление на входе в насос; A_{ср} – среднее значение ускорения (5÷30 кГц); A_{р-р} – максимальное значение ускорения между амплитудами сигнала (5÷30 кГц); EA_{ср} – среднее значение сигнала акустической эмиссии EA (100÷900 мГц); EA_{р-р} – максимальное значение между амплитудами сигнала EA (100÷900 мГц); Δp_{ср} – среднее значение пульсаций давления (50÷500 кГц); Δp_{р-р} – максимальное значение между амплитудами сигнала (50÷500 кГц).

Таблица 2. Основные операционные показатели и показатели диагностической экспериментальной установки с кавитатором

Table 2. Key operational figures and indicators of the diagnostic experimental installation with the cavitator

Номер п/п	Q	T	p ₁	p ₃	p ₄	A _{ср}	A _{р-р}	EA _{ср}	EA _{р-р}	Δp _{ср}	Δp _{р-р}
	л/с	°C	кПа	кПа	кПа	м/с ²	м/с ²	mV	mV	кПа	кПа
D = 26,0 мм; n = 3000 об/мин; водопроводная вода											
13	2,70	17,7	2034,9	104,4	112,3	0,25	2,32	12,26	269,5		
14	2,73	21,0	2021,2	130,8	112,0	0,23	2,14	12,43	272,4		
15	2,73	25,0		154,8	112,1	0,23	2,05	13,20	291,4		
16	2,75	27,0	2014,0	186,8	112,0	0,22	1,98	13,39	293,7		
D = 26,0 мм; n = 3000 об/мин; водопроводная вода; работа с компрессором											
17	2,73	21,0	2065,7	150,2	158,2	0,23	2,05	11,50	255,2		
18	2,73	22,0	2062,0	177,8	155,2	0,21	1,92	12,01	267,0		
19		25,0	2057,3	217,4	154,6	0,22	1,98	12,15	267,2		
D = 26,0 мм; n = 3600 об/мин; водопроводная вода											
21	3,00	18,2	2425,1	104,5	112,3	0,27	2,37	12,00	267,0	0,80	4,26
22	2,96	24,0	2410,0	130,7	112,4	0,26	2,28	12,27	243,1	0,85	4,57
23	2,97	30,0	2403,0	163,3	112,7	0,25	2,22	12,01	235,3	0,85	4,57

Окончание табл. 2

Номер п/п	Q	T	p ₁	p ₃	p ₄	A _{ср}	A _{p-p}	EA _{ср}	EA _{p-p}	Δp _{ср}	Δp _{p-p}
	л/с	°C	кПа	кПа	кПа	м/с ²	м/с ²	mV	mV	кПа	кПа
D = 26,5 мм; n = 3000 об/мин; водопроводная вода											
24	2,00	18,5	2086,0	103,2	112,2	0,15	1,33	10,42	214,5	0,76	4,06
25	2,00	19,0	2081,5	125,1	112,2	0,16	1,39	11,84	254,0	0,76	4,06
26	2,04	25,0	2071,3	153,7	112,2	0,15	1,32	11,59	247,0	0,83	4,47
27	2,08	30,0	2066,6	178,7	112,2	0,15	1,35	11,83	256,6	0,84	4,48

Чтобы определить подходящие режимы для микробиологических испытаний, нужна оценка значений установленных параметров. С помощью таблиц с параметрами можно найти максимальные значения каждого из них и сделать усредненные предположения о рекомендации проведения испытаний того или иного режима на пищевой жидкости.

Рассмотрены и изучены параметры по табл. 1, 2. Выбрано по одному наиболее подходящему режиму для каждого диаметра кавитирующего элемента. Определение режима исходило из максимальных значений одного из исследуемых параметров. Если значений максимальных было несколько, то бралось усредненное значение всех исследуемых параметров.

Для диаметра элемента 25,5 мм выбран режим №3 по максимальному значению среднеквадратичного ускорения. Для диаметра элемента 26 мм рекомендован режим №15 по усредненным значениям и максимальным показателям расстояния между амплитудами сигнала акустической эмиссии. Для диаметра кавитирующего элемента 26,5 мм выбран режим №27 по максимальным средним значениям пульсаций давления.

Для проведения эксперимента в качестве пищевой жидкости использовалась сырная сыворотка, так как по физическим свойствам она близка к воде (плотность, вязкость и т.д.).

При проведении эксперимента в замкнутой системе объемом 80 л с кавитатором прямоточного типа были поочередно установлены параметры для каждого из режимов. При смене кавитирующих элементов разных диаметров время прохождения полного цикла меняется. Время обработки для каждого режима исходило от количества циклов. Так как обработка должна быть низкотемпературной, то процесс кавитационной обработки не превышал 40°C.

Все применяемые параметры для каждого режима при испытании на пищевой жидкости приведены в табл. 3.

Таблица 3. Основные показатели при испытании на сырной сыворотке

Table 3. Key figures when tested on cheese whey

Показатели	Ед. измерения	Режим		
		№3	№15	№27
Количество циклов		15	10	10
Время	с	345	280	440,5

Окончание табл. 3

Показатели	Ед. измерения	Режим		
		№3	№15	№27
D	мм	25,5	26,0	26,5
T ₁	°C	21,5	30,1	33,9
T ₂	°C	28,4	34,9	39,9
P ₁	кПа	1749,9	1994,4	2109,7
P ₂	кПа	105,6	155,8	171,7
P ₃	кПа	113,2	113,6	115,1
P2-P3	кПа	-7,6	42,2	56,6
A _{p-p}		3,207	2,135	2,017
EA _{cp}	mV	12,62	12,55	12,25
EA _{p-p}	mV	193,4	184,2	190,2
Δp _{cp}	кПа	0,790	0,766	0,792
Δp _{p-p}	кПа	4,952	4,721	5,105

На каждом режиме взяты нулевая и конечная пробы. Образцы отправлены на микробиологическую экспертизу на показатель КОЕ. Результаты показаны в табл. 4.

Таблица 4. Показатели КОЕ сырной сыворотки после кавитационной обработки
Table 4. CFU figures of cheese whey after cavitation treatment

Показатели	Ед. измерения	Режим		
		№3	№15	№27
Проба 0				
Температура	°C	21,5	30,1	33,9
Содержание микроорганизмов	jtk/g	4,00E+03	4,90E+03	9,10E+03
Проба 1				
Температура	°C	28,4	34,9	39,9
Содержание микроорганизмов	jtk/g	4,40E+03	7,90E+03	6,40E+03
Потери	%	-10,00	-61,22	29,67

Из табл. 4 видно, что обеззараживание произошло на параметрах режима №27. При обработке жидкости в течение 10 циклов достигается почти 30%-ная инактивация микрофлоры сыворотки. В этом режиме наблюдается максимальный показатель пульсаций давления в рабочей зоне.

ВЫВОДЫ

Гидродинамическая кавитационная обработка находится на начальной стадии внедрения в пищевую промышленность. Перспективы этой технологии позволяют выйти на новый уровень в области индустрии обработки пищевой жидкости, получить более качественный продукт без примеси посторонних добавок. Такие системы занимают меньшие габариты и обеспечивают эффективную энерго- и ресурсосберегающую обработку продукта. Для сырной сыворотки установлены рациональные параметры кавитационной обработки, значительно снижающие обсемененность продукта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Промтов, М. А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов / М. А. Промтов // Вестник ТГТУ, 2008. – С. 861.
2. Федоткин, И.М. Использование кавитации в технологических процессах / И. М. Федоткин, А. Ф. Немчин. – Киев: Высшая школа, 1984. – 68 с.
3. Федоткин, И. М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. / И. М. Федоткин, И. С. Гулый. – Киев: ОКО, 2000. – Ч. II. – 898 с.
4. Витенько, Т. Н. Механизм активирующего действия гидродинамической кавитации на воду / Т. Н. Витенько, Я. М. Гумницкий // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 5. – С. 422–432.
5. Young F.R. Cavitation. London, U.K. : Imperial College Press, 1999. – 418 p.
6. Кондратьева, А. В. Новые технологии обработки молочной продукции (на примере молока коровьего питьевого) / А. В. Кондратьева [и др.] // Молодой ученый. — 2013. — №10. — С. 146-149.
7. Елисеев, М. И. Исследование влияния кавитационной энергии на различные виды микрофлоры / М. И. Елисеев, Ю. А. Фатыхов // IV Международный Балтийский морской форум: материалы. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – С.1219 – 1223.

REFERENCES

1. Promtov M. A. *Perspektivy primeneniya kavitatsionnykh tekhnologiy dlya intensivatsii khimiko-tekhnologicheskikh protsessov* [Prospects of cavitation technologies for intensification of chemical-engineering processes]. Vestnik TGTU, 2008, 861 p.
2. Fedotkin I. M., Nemchin A. F. *Ispol'zovanie kavitatsii v tekhnologicheskikh protsessakh* [The use of cavitation in technological processes]. Kiev, Vysshaya shkola, 1984, 68 p.
3. Fedotkin I. M., Gulyy I. S. *Kavitatsiya, kavitatsionnaya tekhnika i tekhnologiya, ikh ispol'zovanie v promyshlennosti. Ch. II* [Cavitation, cavitation technique and technology, their use in industry. Part II]. Kiev, OKO, 2000, 898 p.

4. Viten'ko T. N., Gumnitskiy Ya. M. Mekhanizm aktiviruyushchego deystviya gidrodinamicheskoy kavitatsii na vodu [Mechanism activating hydrodynamic cavitation of water]. *Khimiya i tekhnologiya vody*, 2007, vol. 29, no. 5, pp. 422-432.
5. Young F. R. Cavitation. London, U. K.: Imperial College Press, 1999, 418 p.
6. Kondrat'eva A. V. Novye tekhnologii obrabotki molochnoy produktsii (na primere moloka korov'ego pit'evogo) [New processing technology of dairy products (an example of cow's drinking milk)]. *Molodoy uchenyy*, 2013, no. 10, pp. 146-149.
7. Eliseev M. I., Fatykhov Yu. A. Issledovanie vliyaniya kavitatsionnoy energii na razlichnye vidy mikroflory [Study of the effect of cavitation energy for various types of flora]. *Materialy IV Mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma* [Proceedings of the IV International "Baltic Maritime Forum"]. Kaliningrad, KGTU, 2016, pp.1219 - 1223.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Елисеев Максим Игоревич – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры пищевых и холодильных машин;
E-mail: Fox_eliseev@mail.ru

Eliseev Maksim Igorevich – Kaliningrad State Technical University; Post-graduate student of the Department of food and refrigeration machines;
E-mail: Fox_eliseev@mail.ru

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

Fatykhov Yuri Adgamovich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of engineering, Professor; Head of the Department of food and refrigeration machines;
E-mail: elina@klgtu.ru

Людкевич Томаш – Институт гидродинамических машин им. Роберта Шевальского (Гданьск, Польша); аспирант кафедры кавитационной обработки;
E-mail: Tludkiewicz@gmail.com

Lyudkevich Tomash – Institute of Fluid Flow Machinery Roberta Shevalskogo (Gdansk, Poland); Post-graduate student of the Department of cavitation treatment;
E-mail: Tludkiewicz@gmail.com

УДК 664.95

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АГРАРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
И МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ПОИСКА

В. А. Панфилов

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR AIC (AGRO-INDUSTRIAL
COMPLEX) AND METHODOLOGY OF SCIENTIFIC RESEARCH

V. A. Panfilov

Создание промышленной основы производства пищевой продукции путем объединения в системные комплексы с высоким уровнем автоматизации и компьютеризации требует новой методологии научного поиска при проведении фундаментальных исследований. В связи с разработкой в аграрно-промышленном комплексе (АПК) системного комплекса «Аграрно-пищевая технология», включающего в себя биологические, физические, химические и биохимические процессы производства растениеводческой и животноводческой продукции, требуется новый методологический подход к познанию сложных вероятностных и управляющих систем. В статье рассматриваются вехи, которые должны быть сформированы при проведении фундаментальных научных изысканий. Первая веха – это вероятностный стиль мышления ученого и инженера, основанный на знании закономерностей теории вероятности, математической статистики и теории информации. Вторая веха – осмысление необходимости процессов анализа и синтеза. Третья веха – необходимость рассмотрения технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции как системы процессов. Четвертая веха – построение графической модели технологии как системы процессов. Пятая веха – диагностика технологической системы с точки зрения качества ее функционирования. Шестая веха – взаимная адаптация технологических свойств исходного сельскохозяйственного сырья к процессам его преобразования, с одной стороны, и механизмов процессов в машинах, аппаратах и биореакторах перерабатывающих производств к технологическим свойствам сырья, с другой. Седьмая веха – поиск наиболее эффективных методов подвода энергии к процессам производства, хранения и переработки сельскохозяйственного сырья в продукты питания. Вышеперечисленные вехи в совокупности составляют методологию научного поиска при развитии системного комплекса «Аграрно-пищевая технология».

аграрно-промышленный комплекс, технология, системный подход, методология, научный поиск

Creation of industrial basis for food production by means of integration of agricultural raw material technologies and its processing into systems complexes with a high level of automation and computerization requires new procedures of scientific research in carrying out fundamental scientific investigations. In connection with development of a new system complex in AIC called “Agro-food technology” which

includes biological processes of producing plant and animal products as well as physical, chemical and bio-chemical production processes, there is a need for a new methodological approach to transition of science to cognition of complex probable and control systems.

The article discusses landmarks that must be formed for carrying out scientific investigations along the way of creating a new system complex of AIC. The first landmark is a probability thinking style of a scientist and an engineer based on the knowledge of the probability theory, mathematical statistics and information theory. The second landmark is understanding the necessity of analysis and synthesis processes. The third landmark is a need for consideration of the technology for production and processing of agricultural products as a system of processes.

The fourth landmark is construction of a graphic model of technology as a system of processes. The fifth landmark is diagnostics of the technological system in terms of its functioning quality. The sixth landmark is mutual adaptation of technological properties of initial raw material to the processes of its transformation on the one hand and mechanisms of machines, apparatus and bioreactors of processing productions to the technological properties of raw material on the other. The seventh landmark is the search for most effective methods of supplying energy to the production processes, storage and processing raw material into food products. The above mentioned landmarks in their integrity constitute methodology of scientific research in the context of development of “Agro-food technology” system complex.

agro-industrial complex, technology, system approach, methodology, scientific research

ВВЕДЕНИЕ

Целью статьи является попытка сформировать вехи, которые станут ориентирами в проведении фундаментальных научных изысканий при создании промышленной основы производства продовольствия путём объединения в системные комплексы с высоким уровнем автоматизации и компьютеризации.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научные изыскания по своей внутренней структуре делятся на два класса: детерминированные и стохастические. В соответствии с объектом исследования и условиями его функционирования можно говорить и о математическом методе исследования, основанном или на принципе жесткой детерминации, или вероятностном, статистическом. Последнему по пространственно-временной организации, строению и функционированию отвечают современные технологии АПК как системы процессов. Но с дальнейшим их усложнением, в том числе с разработкой и созданием системных комплексов «Аграрно-пищевая технология» [1], в современной науке зарождается новый методологический подход, идущий на смену простому вероятностно-статистическому. Речь идёт о технологических системах, которые вбирают в себя и биологические процессы производства растениеводческой и животноводческой продукции, а также физические, химические и биохимические процессы производства продуктов питания. Это новый исключительно сложный класс технологий, создаваемый в АПК. Поэтому надо готовиться к переходу науки к познанию очень сложных вероятностных, управляющих, систем упорядоченной сложности и т. д. В связи с этим методы

исследования и оптимизации таких образований необходимо связывать с разработкой средств преодоления и выражения этих новых видов сложности.

Современная наука вырабатывает формы и средства, все более ориентированные на раскрытие свойств и структуры высокоорганизованных технологических систем. Один из основателей квантовой механики Макс Борн писал, что «...мы находимся в джунглях и отыскиваем свой путь посредством проб и ошибок, строя свою дорогу позади себя, по мере того, как мы продвинулись вперёд». Надо сказать, что строительство такой дороги в джунглях – дорогое занятие. Какие же основные вехи можно и нужно поставить, чтобы упростить и удешевить строительство аналогичной дороги в АПК в связи с созданием сложных технологических комплексов?

ЭТАПЫ НАУЧНОГО ПОИСКА

Первая вежа – это вероятностный стиль мышления ученого и инженера. Старая физико-химическая картина отдельных процессов заменяется новой стохастической картиной, поскольку все технологии как системы процессов функционируют по законам теории вероятности, математической статистики и теории информации. Необходимо устанавливать эти закономерности и делать практические выводы. Другого пути по адаптации к внешней среде и оптимизации функционирования сложных производственных систем (системных комплексов) нет.

Вторая вежа – это осмысление необходимости процессов анализа и синтеза. В настоящее время складывается впечатление, что в науке процессы дифференциации превалируют над процессами синтеза. Но это впечатление связано с классом решаемых задач. Анализ и синтез – две стороны методологии познания. Если в Государственном Русском музее (Санкт – Петербург) нас волнует композиция картины И. Е. Репина «Запорожцы» («Запорожцы пишут письмо турецкому султану»), её сюжет, то мы отходим от полотна подальше, чтобы взглянуть на произведение искусства целиком.

Если нас привлекают образы отдельных запорожцев, то мы подходим к картине поближе. Если же нас интересует физическое состояние картины, то мы вооружаемся увеличительным стеклом и рассматриваем микротрещины краски. Разные цели – разная степень детализации.

При исследовании и оптимизации одного-единственного процесса внутри технологии, содержащей десятки способов преобразования ресурсов, исследователь выполняет процедуру анализа и, пренебрегая влиянием внешних факторов, строит детерминированную модель. Конечная технологическая цель часто остаётся вне его внимания. Но процедура синтеза уже требует учёта внешних возмущающих факторов и учёта взаимовлияния ведущих процессов в технологии. Это ведёт к смене математического аппарата и построению стохастической модели объекта.

Третья вежа – это необходимость рассматривать технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции как системы процессов [2]. Как объекты исследования и оптимизации они должны удовлетворять следующим требованиям:

- объект (целое) должен состоять из подсистем (частей);
- объединение подсистем в систему должно способствовать формулированию цели исследования;

- должен существовать системообразующий фактор, определяющий взаимосвязь подсистем в системе и создающий синергетический эффект;
- должна быть установлена количественная мера, определяющая уровень организации (целостности) системы;
- система должна быть частью (подсистемой) охватывающей её системы (надсистемы).

Четвертая вежа – построение графической модели технологии как системы процессов. Эта процедура состоит в последовательном использовании анализа и синтеза, а важнейший вопрос заключается в установлении элемента данной системы как минимального носителя качества технологии.

Далее решается вопрос о связях между элементами и формировании подсистем как достаточно автономных образований. При построении графической модели системы необходимо отразить два-три нижележащих подсистемных уровня.

При выделении элементов системы основным руководящим принципом является принцип функциональности. Между элементами существуют функциональные связи, которые обуславливают их совместное поведение и состояние внутри подсистемы. Таким образом, в результате анализа подсистем формируется их графическая модель, воспроизводящая несколько структурно-иерархических уровней организации системы. Далее из подсистем синтезируется полная графическая модель системного комплекса. Выходы подсистем – точки контроля качества функционирования технологии этого комплекса.

Пятая вежа – диагностика технологической системы с точки зрения качества её функционирования. Это медицинский термин, он означает исследование организма человека (биологической системы) с целью повышения его жизнедеятельности. Но разве инженеры АПК не заняты «лечением» своих достаточно сложных технологических образований с целью повышения эффективности их функционирования. Здесь важно количественно оценить вклад каждой подсистемы в конечный результат и принять объективное решение о методе и средствах «лечения» технологической системы. Более того, необходимо выполнить две диагностики: перед и после соответствующего вмешательства в конкретную действующую технологию. Сравнение их количественных результатов и покажет глубину проработки научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ НИОКР [2].

Шестая вежа – это собственно процесс «лечения» технологической системы по результатам первой диагностики, что выливается, например, во взаимную адаптацию технологических свойств исходного сельскохозяйственного сырья к процессам его преобразования, с одной стороны, и механизмов процессов в машинах, аппаратах и биореакторах перерабатывающих производств к технологическим свойствам сырья, с другой. Цель такой адаптации – получить «здоровый технологический организм», устойчиво и стабильно функционирующий, т. е. легко поддающийся автоматизации на всём протяжении сложного технологического потока.

Седьмая вежа – это поиск наиболее эффективных методов подвода энергии к процессам производства, хранения и переработки сельскохозяйственного сырья в продукты питания. Речь идёт, прежде всего, о волновых воздействиях на обрабатываемые среды: переменном электромагнитном поле сверхвысоких и низ-

ких частот, магнитных полях, световых импульсах, пульсирующих электрических полях, инфракрасном и ультрафиолетовом излучении, кавитации, ультразвуке, электрохимическом и лазерном воздействии. Широкие перспективы просматриваются в сочетании этих волновых процессов с традиционными методами подвода энергии к обрабатываемым средам. Системные комплексы в АПК с их высокой эффективностью открывают эру «волновых технологий» во всем спектре процессов производства продовольствия.

Надо также иметь в виду, что XXI век – это пятый и шестой технологические уклады в АПК [3]. Это время, когда будут создаваться и уже создаются крупномасштабные производства в сельском хозяйстве и в перерабатывающих отраслях, оснащенные автоматикой и электроникой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, стратегия научного поиска при развитии совокупности технологий (системный комплекс) методологически отличается от стратегии научного поиска при решении традиционных задач усовершенствования отдельных процессов в машинах, аппаратах и биореакторах в технологиях растениеводства, животноводства или переработки сельхозсырья. Эти отличия заключаются и в пространственно-временном соотношении исследуемых объектов, и в методологическом обеспечении, и в применяемом математическом аппарате.

Нет сомнений в том, что необходимо форсированное инновационное развитие технологий АПК, потому что мы стоим на пороге совершенно нового мира [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Панфилов, В. А. Системный комплекс «Аграрно-пищевая технология» / В. А. Панфилов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 4. – С. 6-9.
2. Панфилов, В. А. Теория технологического потока / В. А. Панфилов. – Москва: КолосС, 2007. – 319 с.
3. Панфилов, В. А. Продовольственная безопасность России и шестой технологический уклад в АПК / В. А. Панфилов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1 – С. 10-12.
4. Инновационное развитие техники пищевых технологий / С. Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАН В. А. Панфилова. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 660 с.

REFERENCES

1. Panfilov V. A. Sistemnyy kompleks «Agrarno-pishchevaya tekhnologiya» [“Agro-food technology” system complex]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2015, no. 4, pp. 6-9.
2. Panfilov V. A. *Teoriya tekhnologicheskogo potoka* [Process flow theory]. 2e izd. Moscow, KolosS, 2007, 319 p.

3. Panfilov V. A. Prodovol'stvennaya bezopasnost' Rossii i shestoy tekhnolo-gicheskiy uklad v APK [Food security of Russia and the sixth technological mode in AIC]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2016, no. 1, pp. 10-12.

4. Antipov S. T. i dr.; pod red. akad. RAN V. A. Panfilova. *Innovatsionnoe razvitie tekhniki pishchevykh tekhnologiy* [Innovative development of food technology engineering]. Lan', 2016, 660 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Панфилов Виктор Александрович – Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева; академик РАН

Panfilov Viktor Alexandrovich – Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy; Academician of the Russian Academy of Sciences

УДК 577.152.34.001.57+664.951.2004.3

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СОЛЕННОЙ РЫБОПРОДУКЦИИ,
УПАКОВАННОЙ В МОДИФИЦИРОВАННОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ,
НА СКОРОСТЬ ПРОТЕОЛИЗА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ

Е. Ю. Поротикова, А. Л. Бочарова-Лескина, М. П. Андреев

INFLUENCE OF MANUFACTURING PARAMETERS OF SALTED FISH
PRODUCTS PACKED IN MODIFIED ATMOSPHERE ON PROTEOLYSIS RATE
OF FISH MUSCLE

E. Yu. Porotikova, A. L. Bocharova-Leskina, M. P. Andreev

В наши дни широкое применение находит математическое моделирование процессов в пищевой промышленности, что позволяет сократить время и затраты на решение технологических задач. В данном исследовании изучено влияние массовой доли хлористого натрия (в диапазоне от 3,5 до 6,5%), консерванта (в диапазоне от 0,02 до 0,2%) и активной кислотности (в диапазоне от 5,75 до 6,15) на протеолиз мышечной ткани атлантической сельди (*Clupea harengus*) в процессе хранения в модифицированной газовой среде (МГС) при температуре $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Получена математическая модель, отражающая зависимость протеолиза от данных параметров. Анализ модели показал, что все они имеют однонаправленное влияние, т.е. при увеличении их значений скорость протеолиза снижается и, наоборот, при уменьшении – возрастает, но при этом массовая доля соли и значение активной кислотности в сравнении с массовой долей консерванта оказывают большее и одинаковое по силе воздействие. Одновременно наблюдается влияние взаимодействия этих факторов на протеолиз. Для поддержания процесса протеолиза на заданном уровне при изменении значения одного из параметров необходимо корректировать значения остальных. Так, при снижении в мышечной ткани соленой атлантической сельди массовой доли консерванта и значения активной кислотности необходимо повысить массовую долю соли, с тем чтобы не вызвать ускорение созревания соленого продукта. В случае же необходимости снижения массовой доли соли следует увеличивать массовую долю консерванта и значение активной кислотности. Разработана регрессионная модель, позволяющая осуществить прогноз скорости протеолиза в зависимости от влияющих на него факторов: массовой доли хлористого натрия, консерванта и значения активной кислотности в заданном диапазоне.

пищевые продукты, рыбная продукция, соленая рыба, математическая модель, регрессионный анализ, модифицированная газовая среда, математическое планирование эксперимента, атлантическая сельдь, скорость созревания, протеолиз, активная кислотность

In recent years mathematic modeling is widely applied in food technology to reduce time and resources needed to solve engineering problems. This study was carried

out to investigate the effect of parameters value: salt content (in the range of 3,5% to 6,5%), preservative content (in the range of 0,02% to 0,2%) and pH (in the range of 5,75 to 6,15) on proteolysis of Atlantic herring (*Clupea harengus*) muscle during storage in modified atmosphere (40%CO₂/60%N₂) at 5°C. A mathematical model of dependence of proteolysis on these parameters is presented. The mathematic model analysis has revealed that: all parameters have one way impact on proteolysis, i.e. as the value of parameters is increased, the rate of proteolysis is decreased and the opposite; salt content and pH value play a key role in proteolysis with equal quantity. At the same time, interaction of these parameters has an impact on salted fish muscle proteolysis. To maintain the process of proteolysis at a predetermined level when value of one of the parameters is changing, it is necessary to adjust values of other parameters. Therefore, when reducing the amount of preservative and the value of pH in the muscle of salted Atlantic herring – it is necessary to increase salt content in order not to cause acceleration of the ripening (rate of proteolysis) of the salted product. In the case of the need to reduce salt content– you should increase the amount of preservative and the value of pH. A regression model has been developed, which determines rate of proteolysis depending on parameters affecting it: salt content and amount of preservative, value of pH (acidity) in previously specified range.

food products, fish products, salted fish, mathematical model, modified atmosphere packaging, mathematical model planning, Atlantic herring, ripening rate, proteolysis, pH.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время потребители пищевой продукции, в том числе соленой, все больше внимания уделяют органолептическим свойствам продукта. При характеристике качества соленой продукции одним из главных показателей, наряду с запахом, вкусом и внешним видом, является консистенция. Изменение консистенции в процессе хранения происходит за счет созревания, в большей степени определяемого протеолизом тканевых белков. При значительном протеолизе разделанной соленой рыбопродукции, обусловленном высокой активностью тканевых или внесенных протеолитических ферментов, консистенция становится чрезвычайно размягченной, что является признаком снижения качества соленого продукта. Скорость протеолиза в значительной мере определяется особенностями строения белков различных видов рыб и зависит от биологического состояния [1], температуры хранения, массовой доли соли и других внутренних и внешних факторов [2].

Введение при изготовлении соленой продукции регуляторов кислотности, снижающих значение активной кислотности (рН) мышечной ткани рыбы и повышающих эффективность действия консервантов, также оказывает влияние на скорость протеолиза [2]. При этом определенную роль играет не только собственно снижение рН, но и вид используемой органической кислоты и ее соли. Например, винная кислота интенсифицирует процесс созревания в большей степени, чем лимонная [3].

Маркетинговые исследования соленой рыбы с массовой долей соли от 2,7 до 10,5%, температура хранения которой в торговой сети колеблется от 2 до 15°C [4], показали, что такие условия не могут не сказаться отрицательно на степени созревания рыбы, а следовательно, и качестве соленой продукции.

Определенный вклад в созревание соленой продукции при такой температуре вносят и ферменты микроорганизмов [5]. С другой стороны, процесс созревания скоропортящейся продукции под влиянием микроорганизмов можно замедлить путем упаковки её в МГС, включающую углекислый газ в количестве 30-40% [6 – 8]. В связи с этим изучение такого процесса применительно к соленой продукции представляет научный и практический интерес.

Известно, что скорость протеолиза в соленой рыбе зависит от комплексного воздействия массовой доли соли, консерванта и активной кислотности [9], но данные по такому влиянию для продукции в модифицированной газовой среде отсутствуют.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения вопроса о влиянии параметров приготовления соленой рыбопродукции, упакованной в условиях модифицированной газовой среды, на скорость протеолиза были приготовлены модельные системы из фарша соленой атлантической сельди (*Clupea harengus*), фасованной в МГС (смесь углекислого газа и азота в соотношении 40/60 % соответственно). Для упаковки продукции были выбраны высокобарьерные пакеты, имеющие в своем составе слой EVOH, с проницаемостью по кислороду $3 \text{ см}^3/\text{м}^2/\text{сут}$.

В качестве консерванта использовали смесь бензоата натрия и сорбата калия (1:1), а регулятора кислотности – смесь лимонной кислоты и цитрата натрия (1:1).

Температура хранения образцов составляла $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Для оценки совместного влияния массовой доли соли, консерванта и значения активной кислотности на интенсивность протеолиза мышечной ткани соленой атлантической сельди, упакованной в условиях модифицированной газовой среды, применяли полный факторный двухуровневый эксперимент (ПФЭ 2^n), состоящий из $N=2^n$ опытов [10].

В качестве отклика выбран азот концевых аминогрупп (АКА), показатель, объективно оценивающий степень протеолиза в процессе созревания соленой рыбы и определяемый методом формольного титрования [11].

Функцией отклика в данном случае является величина g , принимающая значения g_1 , g_2 и g_3 и определяющая интенсивность протеолиза мышечной ткани соленой продукции ((в мг азота/100г)/сут), соответствующая скорости созревания соленой рыбной продукции. В качестве факторов, оказывающих наибольшее влияние на скорость протеолиза, были выбраны: X_1 (%) – массовая доля соли в мышечной ткани рыбы, X_2 (%) – массовая доля консерванта в мышечной ткани рыбы, X_3 (ед.) – значение активной кислотности. Диапазон факторов принят исходя из сложившейся практики производства соленой рыбной продукции (массовая доля соли – от 3,5 до 6,5%; массовая доля консерванта – от 0,02 до 0,2%; значение активной кислотности – от 5,75 до 6,15 ед.). Для определения количественного влияния данных факторов на срок годности соленой продукции, упакованной в условиях модифицированной газовой среды, был реализован трехфакторный эксперимент с равномерным трехкратным дублированием опытов в каждой строке плана эксперимента. Основные характеристики плана эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики плана эксперимента
Table 1. Main characteristics of the experiment plan

Характеристики	Факторы		
	X_1	X_2	X_3
Центр плана	5	0,11	5,95
Интервал варьирования	1,5	0,09	0,2
Нижний уровень	3,5	0,02	5,75
Верхний уровень	6,5	0,2	6,15
Обозначения кодированных факторов	x_1	x_2	x_3

По результатам восьми независимых наблюдений, полученным в итоге обработки данных эксперимента, были рассчитаны значения коэффициента полинома регрессии, отражающего математическую зависимость скорости протеолиза мышечной ткани соленой атлантической сельди, упакованной в условиях МГС, от рассматриваемых факторов:

$$g(x_1, x_2, x_3) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3,$$

где x_1, x_2, x_3 - кодированные значения факторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования степени влияния факторов на скорость протеолиза мышечной ткани соленой рыбопродукции, упакованной в условиях МГС, была использована схема дисперсионного анализа. Значения дисперсий, обусловленных влиянием j -го фактора на процесс, наблюдаемые значения критерия Фишера, а также установление значимости влияния каждого рассматриваемого фактора отражены в табл. 2.

Таблица 2. Установление значимости влияния факторов на скорость протеолиза соленой атлантической сельди продукции, упакованной в МГС
Table 2. Significance of parameters impact on the rate of salted muscle proteolysis of Atlantic herring in modified atmosphere packaging

Фактор x_j	Дисперсия, $S^2(y_{x_j})$	Наблюдаемое значение критерия Фишера F_{jnabl}	Сравнение с критическим значением $F_{krit} = 8,69$	Значимость фактора
x_1	0,15	184,83	$F_{1nabl} > F_{krit}$	Значим
x_2	0,022	26,59	$F_{2nabl} > F_{krit}$	Значим
x_3	0,146	179,77	$F_{3nabl} > F_{krit}$	Значим

Из таблицы видно, что все факторы: x_1 (%) – массовая доля соли (%), x_2 (%) – массовая доля консерванта, x_3 (ед.) – активная кислотность значимо влияют на скорость протеолиза малосоленой атлантической сельди, упакованной в МГС. Причем наибольшее воздействие на процесс оказывает массовая доля

соли (x_1), несколько меньшее – активная кислотность (x_3) и наименьшее – массовая доля консерванта (x_2).

Для каждой серии опытов по формуле $\bar{g}_i = \frac{\sum_{k=1}^m g_{ik}}{m}$ рассчитано среднее значение \bar{g}_i измеряемой величины и по формуле $S_i^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (g_{ik} - \bar{g}_i)^2$ - оценки S_i^2 дисперсии единичного результата по полученным опытными данным g_{i1}, g_{i2}, g_{i3} . Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты эксперимента по определению скорости протеолиза малосоленой атлантической сельди, упакованной в условиях МГС
Table 3. Experimental results of determining rate of salted Atlantic herring proteolysis in modified atmosphere packaging

№ п/п	Кодированные значения факторов			Натуральные значения факторов			Значения отклика в параллельных опытах			Среднее значение отклика \bar{g}_i	Дисперсия отклика S_i^2
	x_1	x_2	x_3	X_1	X_2	X_3	g_1	g_2	g_3		
1	-1	-1	-1	3,5	0,02	5,75	3,07	3,15	3,14	3,12	0,0019
2	-1	-1	+1	3,5	0,02	6,15	1,67	1,67	1,73	1,69	0,0012
3	-1	+1	-1	3,5	0,2	5,75	2,31	2,32	2,36	2,33	0,0007
4	-1	+1	+1	3,5	0,2	6,15	1,56	1,54	1,52	1,54	0,0004
5	+1	-1	-1	6,5	0,02	5,75	1,63	1,62	1,61	1,62	0,0001
6	+1	-1	+1	6,5	0,02	6,15	1,31	1,35	1,39	1,35	0,0016
7	+1	+1	-1	6,5	0,2	5,75	1,58	1,61	1,58	1,59	0,0003
8	+1	+1	+1	6,5	0,2	6,15	1,21	1,21	1,24	1,22	0,0003

На основании критерия Кочрена на уровне значимости 0,05 была установлена однородность дисперсий S_i^2 , вычислена дисперсия воспроизводимости опытов и по формулам, приведённым в работе [12], рассчитаны коэффициенты b_j уравнения регрессии.

Сравнение величин коэффициентов регрессии с величиной ошибки, а также установление их статистической значимости отражены в табл. 4.

Таблица 4. Установление статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии
Table 4. Determination of statistical significance of regression equation coefficients

Коэффициент	Величина коэффициента	Сравнение с ошибкой $\varepsilon(\tilde{b}) = 0,012$	Значимость фактора
1	2	3	4
b_0	1,8075	$ \tilde{b}_0 > \varepsilon(\tilde{b})$	Значим
b_1	-0,3625	$ \tilde{b}_1 > \varepsilon(\tilde{b})$	Значим

Окончание табл. 4

1	2	3	4
b_2	-0,1375	$ \tilde{b}_2 > \varepsilon(\tilde{b})$	Значим
b_3	-0,3575	$ \tilde{b}_3 > \varepsilon(\tilde{b})$	Значим
b_{12}	0,0975	$ \tilde{b}_{12} > \varepsilon(\tilde{b})$	Значим
b_{13}	0,1975	$ \tilde{b}_{13} > \varepsilon(\tilde{b})$	Значим
b_{23}	0,0675	$ \tilde{b}_{23} > \varepsilon(\tilde{b})$	Значим
b_{123}	-0,0925	$ \tilde{b}_{123} > \varepsilon(\tilde{b})$	Значим

Видно, что неравенству $|b| > \varepsilon(b)$ удовлетворяют все коэффициенты, следовательно, все они значимо отличаются от нуля. Полученное уравнение регрессии не содержит незначимых членов, поэтому оно не требует проверки адекватности, так как рассчитанное по такому уравнению значение функции отклика для условий i -й серии опытов должно в пределах точности округления совпадать со средним значением отклика в этой серии. Таким образом, уравнение регрессии принимает вид:

$$g(x_1, x_2, x_3) = 1,8075 - 0,3625x_1 - 0,1375x_2 - 0,3575x_3 + 0,0975x_1x_2 + 0,1975x_1x_3 + 0,0675x_2x_3 - 0,0925x_1x_2x_3.$$

Знак «-» при линейных коэффициентах означает, что скорость протеолиза уменьшается с увеличением массовой доли соли, консерванта и значения активной кислотности в продукте. Но ошибочно будет полагать, что минимальная скорость процесса достигается только за счет установления максимальных значений массовой доли, консерванта и активной кислотности, поскольку значимое влияние на этот срок оказывают также и взаимодействия факторов.

Знак «плюс» при парных эффектах взаимодействия показывает, что с изменением значений факторов в одном направлении скорость протеолиза будет увеличиваться. Например, знак «плюс» коэффициента при произведении x_1x_3 означает, что если соленую продукцию в МГС, изготовленную с минимальной допустимой массовой долей соли, сочетать с минимальным значением активной кислотности, то скорость протеолиза увеличится.

Знак «минус» при тройном эффекте взаимодействия означает, что для уменьшения скорости протеолиза мышечной ткани необходимо увеличение значений только двух факторов из трёх. Отрицательный коэффициент при произведении $x_1x_2x_3$ указывает, например, что для снижения скорости протеолиза соленой продукции из атлантической сельди, упакованной в условиях МГС, с минимальными значениями массовой доли консерванта и активной кислотности, массовая доля соли должна быть максимально допустимой. Возможен и такой вариант, что для продукции с минимально допустимой массовой долей соли и консерванта необходимо обеспечить высокое значение активной кислотности.

На основании обработки полученных данных была построена адекватная регрессионная модель зависимости скорости протеолиза мышечной ткани

соленой атлантической сельди, упакованной в условиях МГС, от таких факторов, как массовая доля соли, консерванта и значение активной кислотности:

$$G(X_1, X_2, X_3) = 47,45 - 6,476X_1 - 129,37X_2 - 7,374X_3 + 21,1X_1X_2 + 20,88X_2X_3 + 1,035X_1X_3 - 3,426X_1X_2X_3,$$

где X_1 – натуральное значение массовой доли соли (в диапазоне от 3,5 до 6,5%); X_2 – натуральное значение массовой доли консерванта (в диапазоне от 0,02 до 0,2%); X_3 – натуральное значение активной кислотности (в диапазоне от 5,75 до 6,15).

Для оценки качества полученной модели был рассчитан множественный коэффициент детерминации $R^2=0,8846$, значение которого говорит о значимой статистической связи исследуемых факторов со скоростью протеолиза мышечной ткани, представленной данным уравнением регрессии.

Для интервальной оценки прогнозируемой величины скорости протеолиза мышечной ткани атлантической сельди, которая характеризует ее значение с учетом погрешности, с помощью статистического критерия Стьюдента на уровне значимости 0,05 была рассчитана предельная ошибка $\Delta=0,035$ прогнозируемой величины. Таким образом, получена интервальная оценка скорости протеолиза соленой мышечной ткани атлантической сельди, упакованной в условиях МГС:

$$G_{\text{mod}} - 0,035 \leq G \leq G_{\text{mod}} + 0,035.$$

Разработанная модель позволила установить тот факт, что изменение одного из этих трех параметров соленой продукции в исследуемом диапазоне оказывает непосредственное влияние на выход процесса, т.е. на скорость протеолиза соленой мышечной ткани. Поэтому при изменении одного из факторов необходимо корректировать и уровень остальных двух. Так, при снижении в мышечной ткани соленой атлантической сельди массовой доли консерванта и значения активной кислотности необходимо повысить массовую долю соли, с тем чтобы не вызвать ускорение созревания соленого продукта. Поскольку МГС, вследствие частичного растворения в водной фазе мышечной ткани, снижает значение pH соленой мышечной ткани, дополнительное внесение регуляторов кислотности при низком значении консервантов значительно увеличивает скорость протеолиза. В случае же необходимости снижения массовой доли соли следует увеличивать массовую долю консерванта и значение активной кислотности. Снижение скорости протеолиза соленой мышечной ткани при увеличении массовой доли консерванта, вероятно, связано с подавлением жизнедеятельности микроорганизмов, ферменты которых участвуют в процессе протеолиза.

ВЫВОДЫ

Анализ математической модели зависимости скорости протеолиза мышечной ткани соленой атлантической сельди, упакованной в МГС, показал, что массовая доля соли (в диапазоне от 3,5 до 6,5%), массовая доля консерванта (в диапазоне от 0,02 до 0,2%) и величина активной кислотности (в диапазоне от 5,75 до 6,15) оказывают значимое влияние на скорость протеолиза, а следовательно, и на процесс созревания. Все параметры имеют однонаправленное влияние, т. е. при увеличении их значений скорость протеолиза понижается и, наоборот, при уменьшении – возрастает, но при этом массовая доля соли и значение активной кислотности в сравнении с массовой долей консерванта оказывают большее и одинаковое по силе воздействие. Одновременно наблюдается влияние взаимо-

действия этих факторов на протеолиз. Для поддержания процесса протеолиза на заданном уровне при изменении значения одного из факторов необходимо корректировать значения остальных, что и поможет сделать полученное уравнение регрессии.

Представленная математическая модель позволяет осуществить прогноз скорости протеолиза соленой атлантической сельди, упакованной в МГС, при заданных значениях массовой доли соли, консерванта и активной кислотности в выбранных диапазонах. Следовательно, модель может быть инструментом, позволяющим более взвешенно подходить к выбору уровней рассматриваемых параметров соленой рыбы для регулирования процесса протеолиза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шендерюк, В. И. Методика прогнозирования и регулирования скорости созревания слабосоленой продукции из рыбного сырья / В. И. Шендерюк, В. П. Лисовая // Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыбн. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1976. - Вып. 59. – С. 116-122.

2. Влияние некоторых пищевых кислот на скорость гидролиза белковых веществ мышечной ткани сельди атлантической / О. В. Толкачева [и др.] // Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии, качество: V Междунар. науч.-практ. конф.: материалы. – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2005. – С. 72-73.

3. Сарафанова, Л. А. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы / Л. А. Сарафанова. – Санкт-Петербург: Профессия, 2007. – 256 с.

4. Нехамкин, Б. Л. Соленая рыба на торговых прилавках. Что выпускают и что продают / / Б. Л. Нехамкин, Е. Ю. Поротикова, Е. И. Степаненко // Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество: X Междунар. науч.-практ. конф.: материалы. – Калининград: Изд-во ФГБНУ «АтлантНИРО», 2015. – С. 72-82.

5. Сахно, В. И. Технология низкотемпературной пастеризации пресервов / В. И. Сахно, Б. Л. Нехамкин, В. В. Голенкова // Новые направления в области традиционных технологий переработки рыбы: сб. науч. тр. [New trends in traditional technologies of fish processing: collection of articles] – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 1996. – С. 55-67.

6. Упаковка пищевых продуктов / ред. Р. Коулз, Д. МакДауэлл, М. Дж. Кирван; под науч. ред. Л. Г. Махотиной. – Санкт-Петербург: Профессия, 2008. – 416 с.

7. Soccol M. C. H. Use of Modified Atmosphere in Seafood Preservation / Marcilene C. Heidmann Soccol, Marília Oetterer. // Brazilian Archives of Biology and Technology, 2003. № 46 (4). P.569-580.

8. DeWitt Ch. A. M. Modified atmosphere systems and shelf life extension of fish and fishery products / Christina A. Mireles DeWitt, Alexandra C.M. Oliveira // Foods. – 2016. – Vol. 5(3) – Article number:48 - Режим доступа: <http://www.mdpi.com/2304-8158/5/3/48/htm>

9. Толкачева, О. В. Разработка технологии малосоленых пресервов, стойких в хранении при умеренно положительной температуре: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Толкачева Ольга Владимировна; Калининград, 2006. – 28с.

10. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – Москва: Наука, 1976. – 283 с.
11. Лазаревский, А. А. Технохимический контроль в рыбообработывающей промышленности / А. А. Лазаревский. – Москва: Пищепромиздат, 1955. – 519 с.
12. Бочарова-Лескина, А. Л. Прогнозирование срока годности рыбных пресервов на основании полного факторного эксперимента [Электронный ресурс] / А. Л. Бочарова-Лескина, Е. Е. Иванова, О. В. Косенко // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 10 (094). – С. 691-703. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/46.pdf>

REFERENCES

1. Shenderjuk V. I., Lisovaja V. P. Metodika prognozirovanija i regulirovanija skorosti sozrevanija slabosolenoj produkcii iz rybnogo syr'ja [Forecasting and regulating technique for ripening rate of light-salted fish products]. *Sbornik nauchnyh trudov Atlanticheskogo NII rybnogo hozjajstva i okeanografii*, Kaliningrad, 1976, vol. 59, pp. 116-122.
2. Tolkacheva O. V., Nehamkin B. L., Shenderjuk V. I., Vil't S. M. Vlijanie nekotoryh pishhevnyh kislot na skorost' gidroliza belkovykh veshhestv myshechnoj tkani sel'di atlanticheskoy [Influence of some food acids on the rate of hydrolysis of protein substances of Atlantic herring muscle]. *Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Proizvodstvo rybnyh produktov: problemy, novye tehnologii, kachestvo"* [Proceedings of the V International research conference "Manufacturing of fish products: problems, new technologies, quality"]. Kaliningrad, AtlantNIRO, 2005, pp. 72-73.
3. Sarafanova L. A. *Primenenie pishhevnyh dobavok v pererabotke mjasa i ryby* [Applying food additives in meat and fish processing]. Saint-Petersburg, Professija, 2007, 256 p.
4. Nehamkin B. L., Porotikova E. Ju., Stepanenko E. I. Solenaja ryba na torgovyh prilavkah. Chto vypuskajut i chto prodajut [Salted fish on the shelves. What is produced and what is sold]. *Materialy X mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Proizvodstvo rybnoj produkcii: problemy, novye tehnologii, kachestvo»* [Proceedings of the X International research conference "Manufacturing of fish products: problems, new technologies, quality"]. Kaliningrad, FGBNU «AtlantNIRO», 2015, pp. 72-82.
5. Sahn V. I., Nehamkin B. L., Golenkova V. V. Tehnologija nizkotemperaturnoj pasterizacii preservov [Technology of low-temperature pasteurization of canned food]. *Novye napravlenija v oblasti tradicionnyh tehnologij pererabotki ryby: sbornik nauchnyh trudov* [New trends in traditional technologies of fish processing: collection of articles]. Kaliningrad, AtlantNIRO, 1996, pp. 55-67.
6. *Upakovka pishhevnyh produktov* [Packaging of food products]. Saint-Petersburg, Professija, 2008, 416 p.
7. Soccol M. C. H., Marília Oetterer. Use of Modified Atmosphere in Seafood Preservation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2003, no. 46 (4), pp. 569-580.
8. DeWitt Ch. A. M., Oliveira A. C. M. Modified atmosphere systems and shelf life extension of fish and fishery products. *Foods*, 2016, vol. 5(3), article number 48, available at: <http://www.mdpi.com/2304-8158/5/3/48/htm>

9. Tolkacheva O. V. *Razrabotka tehnologii malosolenyh preservov, stojkih v hranenii pri umerenno polozhitel'noj temperature. Avtoreferat diss. kand. tehn. nauk* [Technology development of slightly-salted canned food, shelf-stable at positive temperatures. PhD (Eng) Dissertation]. Kaliningrad, 2006, 28 p.

10. Adler Ju. P., Markova E. V., Granovskij Ju. V. *Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij* [Planning of experiments when searching for optimal conditions]. Moscow, Nauka, 1976, 283 p.

11. Lazarevskij A. A. *Tehnohimicheskij kontrol' v ryboobrabatyvajushhej promyshlennosti* [Techno-chemical control in fish processing industry]. Moscow, Pishchepromizdat, 1955, 519 p.

12. Bocharova-Leskina A. L., Ivanova E. E., Kosenko O. V. *Prognozirovanie sroka godnosti rybnyh preservov na osnovanii polnogo faktornogo jeksperimenta* [Forecasting of shelf life of fish preserves on the basis of full factorial experiment]. *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, 2013, no. 10 (94), pp. 691-703, available at: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/46.pdf>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Поротикова Елена Юрьевна – Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; научный сотрудник лаборатории технологии соленой, копченой и вяленой рыбопродукции;
E-mail: elena.porotikova@atlantniro.ru; porotikova.eu@gmail.com

Porotikova Elena Yurjevna – Atlantic Scientific Research Institute for Marine Fishery and Oceanography; scientific researcher of the Laboratory «Technology of salted, smoked and dried fish»;
E-mail: elena.porotikova@atlantniro.ru; porotikova.eu@gmail.com

Бочарова-Лескина Анна Леонидовна – Кубанский государственный технологический университет; кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики; E-mail: bocharova.nyura@mail.ru

Bocharova-Leskina Anna Leonidovna – Kuban State Technological University; PhD in Engineering, Associate Professor of Applied Mathematics Department;
E-mail: bocharova.nyura@mail.ru

Андреев Михаил Павлович – Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; доктор технических наук, профессор; заместитель директора по технологическому направлению;
E-mail: andreev@atlantniro.ru

Andreev Mihail Pavlovich – Atlantic Scientific Research Institute for Marine Fishery and Oceanography; Dr. Tech. Sci., Professor; deputy director of Atlantic Scientific Research Institute for Marine Fishery and Oceanography;
E-mail: andreev@atlantniro.ru

УДК 664.951

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОСАЛИВАНИЯ СЕЛЬДИ
ДО ЗАДАННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 0 °С

М. В. Шуманова, Ю. А. Фатыхов, В. А. Шуманов

DETERMINING THE DURATION OF HERRING SALTING UP TO THE PRESENT
CONCENTRATION AT 0° C

M. V. Shumanova, Yu. A. Fatykhov, V. A. Shumanov

Изучение процесса посола сельди, запасы которой достаточны, и выявление оптимальных условий ее созревания являются актуальными задачами. Как показали маркетинговые исследования, потребители предпочитают малосоленую сельдь (3 - 6% массовой доли соли). Для оптимизации процесса посола раствором хлористого натрия, обладающего положительным (является консервантом) и отрицательным (способствует развитию заболеваний сердечно-сосудистой системы) воздействием, необходимо учитывать температуру и способ посола.

В настоящее время большой интерес представляет собой чановый посол при температурах около 10 °С. Существует мнение, что развитие микроорганизмов, вызывающих порчу, приостанавливается при более низких температурах.

В данной работе предпринята попытка оценить продолжительность просаливания сельди при тузлучном способе посола до заданной концентрации соли при температуре около 0 °С. Для определения коэффициентов диффузии соли был применен метод фотонной корреляционной спектроскопии (ФКС). Также рекомендованы формулы для расчета коэффициентов диффузии, продолжительности просаливания и нахождения средней концентрации соли по толщине сельди. Эти формулы были получены авторами, исходя из решения уравнения диффузии с соответствующими краевыми условиями. Сравнение теоретических и экспериментальных результатов для чанового посола показало хорошее совпадение и позволило оценить недостатки формулы, часто используемой многими исследователями.

Установлена целесообразность создания компактных приборов, основанных на методе фотонной корреляционной спектроскопии, позволяющих определять жирность рыбы. Существующие в настоящее время методы довольно трудоемки.

малосоленая сельдь, нулевая температура, коэффициенты диффузии, концентрация соли, продолжительность просаливания, метод фотонной корреляционной спектроскопии, жирность

Study of the process of herring salting, which reserves are sufficient, and identification of the optimal conditions of its maturation are urgent tasks. As shown by

market research, consumers prefer salted herring (3-6% of the mass fraction of salt). To optimize the process of salting by sodium chloride solution having a positive effect (like a preservative), and negative effects (promotes cardiovascular system disease), it is necessary to take into account the temperature and method of fish salting.

Tank salting at temperatures of about 10 °C is currently of great interest. It is believed that at lower temperatures growth of microorganisms which cause spoilage is stopped.

In this article an attempt is made to estimate the duration of the brine salting of herring to a given concentration of salt at a temperature of about 0 °C. To determine the salt diffusion coefficient, the method of photon correlation spectroscopy has been applied. The formulas for the calculation of the diffusion coefficient, the duration of salting and finding the average salt concentration of herring thickness are also recommended. As opposed to the former, the latter were obtained by the authors, based on the solution of the diffusion equation with the appropriate boundary conditions. Comparison of the results with the available literature studies of tank salting agreed to each other a great deal.

Research has shown the ability to create compact devices based on the method of photon correlation spectroscopy, allowing determining of the fat content of fish. Methods which are currently available proved to be very labour-consuming.

slightly salted herring, zero temperature, diffusion coefficients, salt concentration, duration of salting, photon correlation spectroscopy method, fat content

ВВЕДЕНИЕ

Запасы сельди в настоящее время являются достаточными, занимая в общем объеме вылова долю порядка 8 %. На данный момент наблюдается положительная динамика ее промысла [1].

Сельдь считается классическим видом сырья для посола, так как она принадлежит к числу рыб, созревающих во время этого процесса. Также данный вид рыб является полуфабрикатом для изготовления сушеной, маринованной, вяленой, копченой продукции [2].

С физико-химической точки зрения при посоле, движущей силой которого является градиент концентрации раствора хлористого натрия во внешней солевой среде и тканях гидробионтов, происходят такие процессы, как осмос и диффузия. Диффузия влаги из гидробионтов в раствор носит название осмоса.

Соль (хлористый натрий) является одним из важных консервантов в пищевой промышленности, но чрезмерное потребление её оказывает отрицательное воздействие на организм человека: повышает возбудимость центральной нервной системы, способствующую развитию гипертонической болезни; ведет к заболеваниям сердечно-сосудистой системы; оказывает ингибирующее воздействие натрия на липопротеиновую липазу крови, уменьшающее коллоидную стабильность холестерина и являющееся одной из причин развития атеросклероза, и др. [3].

При посоле рыбы отмечается консервирующее воздействие соли в зависимости от её концентрации на микрофлору: при концентрации 6 - 8% (по массе сырой рыбы) погибает большинство микроорганизмов, способных вызывать порчу. Однако при большей концентрации, вплоть до соответствующей

крепкому посолу (выше 12%), часть медленно растущей группы бактерий (галофильные) продолжает развиваться [4, 5].

Маркетинговые исследования по изучению удовлетворения потребностей населения качеством соленой рыбопродукции показали, что гастрономические предпочтения потребителя (76 %) склоняются в сторону малосоленого продукта (3 - 6% массовой доли соли) [6].

Важнейшей задачей исследования является определение продолжительности посола рыбы до заданной концентрации.

Существенный вклад в решение данной задачи внесли российские ученые: И. П. Леванидов, Л. П. Миндер, Н. Н. Рулев, Г. П. Ионас, А. М. Ершов, В. А. Гроховский.

Для определения зависимости между продолжительностью посола и толщиной рыбы, а также концентрацией внешнего раствора может быть использована следующая формула, выведенная на основании уравнения диффузии [7]:

$$t = \frac{2,303 \cdot L^2}{8 \cdot D} \lg \frac{C_p}{C_p - C_{cp}}, \quad (1)$$

где L – толщина рыбы, м; C_p – концентрация соли во внешнем растворе; C_{cp} – средняя концентрация соли в клеточном соке для времени t ; D – коэффициент диффузии соли в мясе рыбы при посоле.

Эта формула показывает, что продолжительность посола прямо пропорциональна квадрату толщины рыбы и логарифму частного от деления концентрации соли в рассоле, окружающем рыбу, на разницу между нею и концентрацией соли в клеточном соке рыбы и обратно пропорциональна коэффициенту диффузии соли в мясе рыбы при посоле. Анализ этой формулы свидетельствует, что если известны продолжительность посола, концентрация соли во внешнем растворе и в клеточном соке и толщина рыбы, то можно вычислить коэффициент диффузии D .

С учетом промыслового запаса сельди, положительной динамики ее вылова, благоприятного воздействия холода на подавление жизнедеятельности микроорганизмов, увеличение продолжительности хранения и улучшение качества продукта представляется актуальным исследование, а также установление закономерностей процесса посола рыбы при температуре 0 °С.

Существующие химические способы определения солености рыбы не позволяют получить информацию о пространственно-временном характере распределения соли в продукте. Для установления механизма распространения соли необходимо применять новые методы исследования, основанные на взаимодействиях излучений (акустических или электромагнитных) с веществом, в том числе современный нанотехнологический метод фотонной корреляционной спектроскопии, базирующийся на релеевском рассеянии излучения от вещества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе использовался метод фотонной корреляционной спектроскопии, успешно применяемый в лаборатории микро- и нанотехнологий

кафедры физики Калининградского государственного технического университета. Схема установки по методологии ФКС описана в работах [8] и [9].

В качестве объекта исследования использовали мороженую атлантическую сельдь (*Clupea harengus*), по качеству отвечающую требованиям действующего стандарта. Длина сельди составляла порядка 30 ± 2 см, масса 310 ± 10 г. Химический состав мяса сельди атлантической: жир 18,5, белок 18, минеральные вещества 1,5%.

Для составления тузлука определенной заданной плотности использовали хлористый натрий, соответствующий ГОСТ 4233, и воду питьевую, отвечающую требованиям ГОСТ Р 51232-98.

Образцы сельди с кожей помещали в кювету из кварцевого стекла и заливали раствором NaCl заданной концентрации при определенной температуре.

По высоте кюветы измеряли и вычисляли интенсивность рассеянного света, концентрацию, коэффициенты диффузии и размеры диффундирующих частиц.

Программа рассчитывала корреляционную функцию интенсивности рассеяния (временное разрешение $t = 25$ нс), определяла функцию распределения частиц по размерам, а также вычисляла коэффициент диффузии из корреляционной функции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На рисунке представлена зависимость коэффициентов диффузии от концентрации соли в мясе сельди.

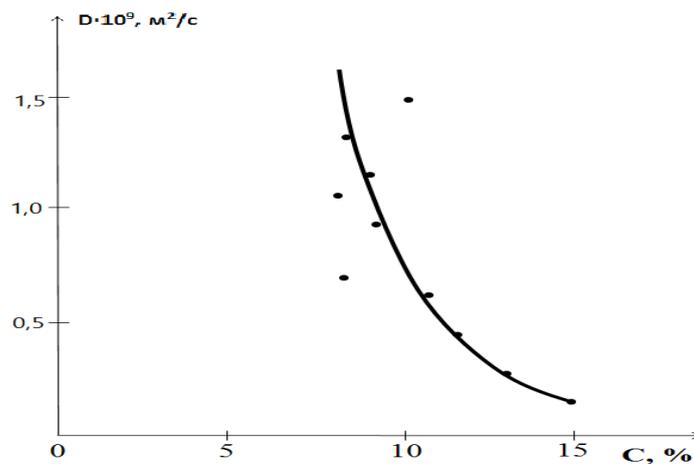


Рис. Зависимость коэффициента диффузии от концентрации соли в мясе сельди
Fig. Dependence of the diffusion coefficient on the salt concentration in herring meat

Для определения продолжительности посола, полученной на основании решения уравнения диффузии [7], применяем для расчета вместо выражения (1) формулу, выведенную также на основании решения уравнения диффузии, но с учетом пограничного слоя, в котором концентрация раствора меньше, чем во внешнем растворе. В данной формуле учитывается естественная соленость рыбы [10]:

$$\tau = \frac{l^2}{4D} \left(\frac{1}{2,4674} \ln \frac{C_0}{C_0 - C - C_{ест}} + 0,0979 \right). \quad (2)$$

Результаты расчетов длительности просаливания сельди разной жирности до концентрации 6% в центре образца толщиной 25 мм при температуре 0 °С и начальной концентрации раствора соли $C_p = 12$ %, с учетом естественной концентрации соли в сельди $C_{ест} = 0,03$ %, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Продолжительность просаливания сельди в зависимости от жирности
Table 1. Duration of herring salting, depending on the fat content

Жирность Ж, %	4	6	10	14	18
Продолжительность просаливания τ , ч	44,5	45	46	47	48

В формуле (2) C_0 - концентрация соли в пограничном слое *тузлук-сельдь* у кожи; рассчитывается по выражению $C_0 = \alpha C_p$, где α - поправочный коэффициент, показывающий уменьшение концентрации; определяется экспериментально, Следовательно, в пограничном слое *тузлук-кожа* концентрация $C_0 = 8\%$.

Для получения слабосоленой продукции необходимо использовать ненасыщенные солевые растворы с концентрациями около 10 %.

Сравнение полученных нами результатов и экспериментальных данных [7] (табл. 2) для нерестовой сельди с кожей и чешуей при 0 °С показывает хорошее совпадение.

Результаты, рассчитанные по выражениям (1) и (2), отличаются на 3 %. Полученные по формуле (2) значения совпадают с экспериментальными, а по формуле (1) – занижены вследствие того, что при выводе формулы (1) не учитывается пограничный слой тузлука вблизи кожи сельди, у которого показатели концентрации соли гораздо меньше, чем в самом тузлуке. В формуле (1) также не принимается во внимание естественная соленость сельди.

С учетом данных положений можно сделать вывод: формула (2) более точно описывает процесс просаливания сельди.

Таблица 2. Влияние кожи и чешуи на скорость накопления соли в мясе рыбы при 0 °С
Table 2. Influence of skin and scales on the rate of salt accumulation in herring meat at 0 °С

Наименование рыбы	Характер поверхности, через которую диффундирует соль	Продолжительность посола, ч	Содержание соли, %
1	2	3	4
Плотва	Кожа с чешуей	4	8,5
	Кожа без чешуи	4	14,3
Нерестовая сельдь	Кожа с чешуей	48	6,07
	Подкожная клетчатка	48	13,18

Окончание табл. 2

1	2	3	4
Терпуг	Кожа с чешуей	48	3,8
	Кожа без чешуи	48	6,1

Среднее значение концентрации соли в центре образца составляет 5,6 % (при начальной концентрации раствора соли 12 %), оно рассчитывалось по формуле

$$\langle C(x, \tau) \rangle = C_0 \left(1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 D \tau}{l^2}} \right). \quad (3)$$

Время, необходимое для просаливания сельди при более высоких температурах и различных концентрациях растворов, указано в работе [9].

Следует отметить, что с помощью метода фотонной корреляционной спектроскопии можно определять жирность рыбы. Действительно, этот метод дает возможность измерить в клеточном соке рыбы коэффициент диффузии (самодиффузии), который тесно связан с температурой и жирностью рыбы формулой, выведенной докторами технических наук А. М. Ершовым и В. А. Гроховским [11]:

$$D = \xi(0,66 - 0,003Ж + 0,02t) 10^{-9}, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (4)$$

где Ж – жирность рыбы, %; t – температура тузлука, °С; ξ – коэффициент, учитывающий изменение диффузионных свойств рыбы в ходе просаливания: $\xi = 1$, если посол происходит до солености $S < 7,5\%$ тощих рыб. Если $S > 7,5\%$, то $\xi = 0,91$.

Формула (4) применима для большой видовой группы рыб. При температуре 0 °С и $\xi = 1$ по формуле (4) получаем:

$$D = \xi(0,66 - 0,003Ж) 10^{-9}, \text{ м}^2/\text{с}. \quad (5)$$

При уравнивании коэффициентов диффузии, которые были определены с помощью метода ФКС, по формуле (5) можно получить значение жирности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования посола рыбы при нулевых температурах позволили сделать следующие выводы:

1. Для расчета продолжительности просаливания рыбы до заданной концентрации, в связи с хорошим совпадением с экспериментальными данными, необходимо использовать выражение (2). Значения, полученные по формуле (1), занижены на 3 %, так как в ней не учитывается концентрация соли в тузлуке в пограничном слое у кожи рыбы, а также естественная концентрация соли в рыбе.

2. Для определения средней концентрации соли по толщине сельди следует использовать формулу (3).

3. Значения коэффициентов диффузии определяются:
 - а) с помощью экспериментальной установки, собранной на базе гониометра ЛОМО, методом фотонной корреляционной спектроскопии;
 - б) в зависимости от температуры и жирности рыбы по формуле (4);
 - в) по концентрации соли в мясе сельди (рис. 1).
4. Возникает возможность определять жирность сельди по формуле (5) при подстановке значений коэффициентов диффузии, определенных с помощью метода ФКС при 0 °С.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Динамика вылова рыбы и морепродуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fishretail.ru/blog/dinamika-vilova-ribi-i-moreproduktov-331>.
2. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник / С. А. Артюхова [и др.]; под ред. А. М. Ершова. – Москва: Колос, 2010. – 1064 с.
3. Дворянинова, О. П. Аквакультурные биоресурсы: научные основы и инновационные решения: монография / О. П. Дворянинова, Л. В. Антипова. – Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2012. - 420 с.
4. Леванидов, И. П. Посол рыбы (элементы теории и практики) / И. П. Леванидов // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. - 1967. - Т. 63. - 197 с.
5. Уитон, Ф. У. Производство продуктов питания из океанических ресурсов: в 2 т. / Ф. У. Уитон, Т. Б. Лосон; под ред. В. П. Быкова. – Москва: Агропромиздат, 1989. - Т. 2. - 765 с.
6. Панина, М. Н. Разработка технологии малосоленых пресервов из балтийской сельди с использованием ВАД: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Панина Марина Николаевна; КГТУ. – Калининград, 2002. - 102с.
7. Технология рыбы и рыбных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fish-industry.ru/rybnye-produkty/2612-diffuzii-i-osmos.html>
8. Иванов, А. М. Фрактальная кинетика люминесценции органолюминофоров на поверхности твердых тел и аномальная диффузия молекул и наночастиц на границе с жидкостью: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.05 / Иванов Андрей Михайлович. - Калининград, 2007. - 138 с.
9. Шуманова, М. В. Научное обеспечение технологического процесса посола сельди атлантической (*Clupea harengus*) в неподвижном тузлуке на базе экспериментальных исследований методом фотонной корреляционной спектроскопии: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04; 05.18.12 / Шуманова Мария Вячеславовна. - Калининград, 2016. - 122 с.
10. Шуманов, В. А. Определение продолжительности посола сельди с использованием математического решения уравнения диффузии / В. А. Шуманов, М. В. Шуманова // Прогрессивные технологии, машины и механизмы в машиностроении и строительстве: IV Международный балтийский морской форум. II Международная научная конференция: тезисы докладов. - Калининград: Изд-во БГАРФ. – 2016. - Ч. 5. – С. 61-63.

11. Теоретические основы процесса посола рыбы и расчет продолжительности просаливания: в 9 т. / В. В. Димова [и др.] // Вестник МГТУ, Мурманск. - 2006. - Т. 5. – С. 858-865.

REFERENCES

1. *Dinamika vylova ryby i moreproduktov* [Dynamics of fish and seafood catches]. Available at: <http://fishretail.ru/blog/dinamika-vilova-ribi-i-moreproduktov-331>.

2. Artjuhova S. A. i dr. *Tehnologija ryby i rybnyh produktov: uchebnik* [Technology of fish and fish products: textbook for high schools]. Moscow, Kolos, 2010, 1064 p.

3. Dvorjaninova O. P., Antipova L. V. *Akvakul'turnye bioresursy: nauchnye osnovy i innovacionnye reshenija* [Aquaculture biological resources: scientific foundations and innovative solutions]. Voronezh, Voronezhskij gosudarstvennyj universitet inženernyh tehnologij, 2012, 420 p.

4. Levanidov I. P. *Posol ryby (jelementy teorii i praktiki)* [The process of salting fish (elements of theory and practice)]. *Izvestija Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo hozjajstva i okeanografii*. 1967, vol. 63, 197 p.

5. Uiton F. U., Loson T. B. *Proizvodstvo produktov pitaniya iz okeanicheskikh resursov* [Manufacture of food products from ocean resources]. Moscow, Agropromizdat, 1989, vol. 2, 765 p.

6. Panina M. N. *Razrabotka tehnologii malosolenyh preservov iz baltijskoj sel'di s ispol'zovaniem VAD. Dis. kand. tehn. nauk* [Development of technology for semi-preserved salted Baltic herring with VAD. PhD (Eng) dissertation]. Kaliningrad, KGTU, 2002, 102 p.

7. *Tehnologija ryby i rybnyh produktov* [Technology of fish and fish products]. Available at: <http://fish-industry.ru/rybnye-produkty/2612-diffuzii-i-osmos.html>.

8. Ivanov A. M. *Fraktal'naja kinetika ljuminiscencii organoljuminoforov na poverhnosti tverdyh tel i anomal'naja diffuzija molekul i nanochastic na granice s zhidkost'ju. Dis. kand. fiz.-mat. nauk* [Fractal kinetics of the organolyuminophores fluorescence on solid surfaces and anomalous diffusion of molecules and nanoparticles on the border with liquid. PhD (Math-Physics) dissertation.]. Kaliningrad, 2007, 138 p.

9. Shumanova M. V. *Nauchnoe obespechenie tehnologicheskogo processa posola sel'di atlanticheskoi (Clupea harengus) v nepodvizhnom tuzluki na baze jeksperimental'nyh issledovanij metodom fotonnoj korreljacionnoj spektroskopii. Dis. kand. teh. nauk* [Scientific maintenance of the process of salting Atlantic herring (Clupea harengus) in the fixed brine on the basis of experimental studies by photon correlation spectroscopy: PhD (Eng) dissertation]. Kaliningrad, 2016, 122 p.

10. Shumanov V. A., Shumanova M. V. *Opredelenie prodolzhitel'nosti posola sel'di s ispol'zovaniem matematicheskogo reshenija uravnenija diffuzii* [Determination of the length of herring salting using mathematical solutions of the diffusion equation]. *Progressivnye tehnologii, mashiny i mehanizmy v mashinostroenii i stroitel'stve: IV Mezhdunarodnyj baltijskij morskoi forum. II Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija: tezisy dokladov* [Abstracts of II Int. scientific conf. IV International Baltic Maritime Forum “Advanced technologies, machines and mechanisms in mechanical engineering and construction”]. Kaliningrad, Izd-vo BGARF, 2016, part 5, pp. 61-63.

11. Dimova V. V., Ershov A. M., Grohovskij V. A., Ershov M. A. *Teoreticheskie osnovy processa posola ryby i raschet prodolzhitel'nosti prosalivanija* [Theoretical basis of the process of fish salting and calculation of salting duration]. Murmansk, Vestnik MGTU, 2006, vol. 5, pp. 858-865.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шуманова Мария Вячеславовна – Калининградский государственный технический университет; отдел аспирантуры и докторантуры;
E-mail: maria.shumanova@klgtu.ru

Shumanova Maria Vyacheslavovna – Kaliningrad State Technical University;
Postgraduate and doctoral department; E-mail: maria.shumanova@klgtu.ru

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

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

Шуманов Вячеслав Анатольевич – Калининградский государственный технический университет; кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики; E-mail: vshumanov@inbox.ru

Shumanov Vyacheslav Anatolyevich – Kaliningrad State Technical University;
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the
Department of Physics; E-mail: vshumanov@inbox.ru

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.4

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕРНОВЫХ ОГЛЕЕННЫХ ОСУШЕННЫХ
ПОЧВ НИЗМЕННОЙ РАВНИНЫ

О. А. Анциферова, А. А. Басаргина

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF SODDY GLEYED DRAINED SOILS
OF THE LOWLAND PLAINS

O. A. Antsiferova, A. A. Basargina

Исследования проведены в 2015 - 2016 гг. на опытном поле ФГБНУ «Калининградский НИИ сельского хозяйства» (Полесский район Калининградской области). В физико-географическом аспекте ключевой участок находится в пределах Полесской озерно-ледниковой низменности. Современные дерновые оглеенные почвы агроландшафтов слабодренированных равнин эволюционировали из дерново- и перегнойно-глеевых почв при их осушении и изменении водного режима с застойного (периодически водонасыщающего) на застойно-промывной. Изменение водного режима отражается на морфологическом облике почв: понижается глубина залегания редуцированного глея, формируются вторично окисленные горизонты, насыщенные гидроокисью железа, образуются сегрегированные горизонты с Mn-Fe конкрециями и признаками слабого отбеливания (элювиальные горизонты). Пространственная неоднородность почв связана с формированием элементарных почвенных структур в зависимости от степени гидроморфизма и микрорельефа. Дерновые оглеенные осушенные почвы на карбонатных моренных суглинках отличаются от зональных дерново-подзолистых почв повышенным плодородием. Они наиболее благоприятны для выращивания бобовых культур (клевера, козлятника, люцерны) в условиях Калининградской области. На изученных почвах урожайность смешанных посевов козлятника восточного со злаковыми травами составила 6-8 т/га воздушно-сухой фитомассы. Факторами, снижающими урожайность, являются подпахотная верховодка и плужная подошва. В замкнутых микропонижениях происходит полный выпад козлятника из-за влияния поверхностного переувлажнения и близкого залегания грунтовых вод в начальный период роста. В системе агроэкологической типизации земель дерновые оглеенные почвы относятся к группе полугидроморфных земель подчиненных элементов ландшафта. Осушительная мелиорация способствовала увеличению их продукционного потенциала и возможности сельскохозяйственного использования (полевые севообороты, сенокосы). Основным условием стабильного функционирования является эффективное регулирование поверхностного и грунтового стока.

дерновые оглеенные почвы, осушение, морфология профиля, продуктивность козлятника, агроэкологическая группировка почв

The studies were carried out in 2015 - 2016 at the experimental field of the Federal state research institution «Kaliningrad research Institute of agriculture» in the Polesskiy district of the Kaliningrad region. In terms of physics and geography, the key area lies within the Polesskaya lake-glacial lowland. Modern soddy gleyed soils of agrolandscape lowland plains have evolved from soddy-gley soils during their draining and water regime changes from stagnant (periodically water-saturated) to stagnant-washing. The change in the water regime is reflected in the morphological appearance of the soils: the depth of the reduced gley reduces, oxidized horizons saturated with iron hydroxide are formed, segregated horizons with Mn-Fe concretions and weak bleaching features (eluvial horizons) are formed. Spatial heterogeneity of soils is associated with formation of elementary soil combinations depending on the degree of hydromorphism and microrelief. Soddy gleyed drained soils on carbonate moraine loams differ from the zonal soddy-podzolic soils of high fertility. They are the most favorable for cultivation of legumes (clover, vetch, alfalfa) in conditions of the Kaliningrad region. In studied soils the yields of the mixed crops of *Galega orientalis* with grasses is 6 – 8 t/ha of air-dry phytomass. Factors that reduce yields are sub-arable water and plow soles. In closed depressions there is a complete loss of *Galega* due to the effect of surface waterlogging and close groundwater occurrence in the initial period of growth. In the system of agroecological land typification, soddy gleyed soils belong to the group of semi-hydromorphic lands of subordinate elements of the landscape. Drainage melioration contributed to an increase in their productive potential and the possibility of agricultural economic use (field crop rotations, hayfields). The main condition for stable functioning is the effective regulation of surface and groundwater flow.

soddy gleyed soils, drainage melioration, morphology of profile, productivity of Galega orientalis, agroecological group of soils

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития земледелия связан с переходом к адаптивно-ландшафтным системам земледелия, распространению технологий точного земледелия [1 - 4]. Основой для внедрения агротехнологий разного уровня является агроэкологическая оценка почв и типизация земель [5]. Такие работы очень актуальны для условий Калининградской области. Несмотря на разнообразие физико-географических условий и выраженную гумидность климата [6], регион обладает высоким потенциалом производства сельскохозяйственной продукции в связи с благоприятными термическими условиями Юго-Восточной Прибалтики. Основным условием для успешного ведения земледелия является регулирование водно-воздушного режима. В советский период около 82 % всей территории сельскохозяйственных угодий в области осушалось разными способами [7]. Дерново-глеевые почвы в регионе слабо изучены по причине небольшого долевого участия в почвенном покрове. Но их свойства указывают на высокий потенциал плодородия при правильном осушении [8].

Целью работы явилась агроэкологическая оценка дерновых оглеенных осушенных почв и их продуктивности. В задачи исследования входило: 1) изучить генезис и строение почв на уровне отдельных ареалов; 2) выявить пространственные взаимосвязи почв; 3) выполнить анализ основных свойств почв; 4) изучить продуктивность опытных посевов козлятника восточного (*Galega*

orientalis Lam.) в смеси со злаковыми травами; 5) провести агроэкологическую группировку почв.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в 2015-2016 гг. на опытном поле ФГБНУ «Калининградский НИИ сельского хозяйства» (пос. Славянское Полесского района). В физико-географическом аспекте ключевой участок находится в пределах Полесской озерно-ледниковой низменности и занимает нижнюю часть пологого приречного склона. Почвы осушаются системой закрытого гончарного дренажа со сбросом вод в открытый канал и далее р. Овражку. Прочистка закрытого дренажа осуществлена в 2007 г.

Для диагностики почв закладывали разрезы и проводили бурение до 100-130 см. Названия почв даны на основании классификации 1977 г. [9]. Степень оглеения в профиле определена согласно шкале Ф. Р. Зайдельмана [10, с. 52 - 59]. Из пахотного горизонта образцы отбирали в 4-6-кратной повторности. Анализ почв проводили по методикам: pH_{H_2O} и pH_{KCl} потенциметрически, подвижный калий и фосфор – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011), гумус по Тюрину в модификации Симаклова, содержание CO_2 карбонатов ацидиметрическим методом с пересчетом на $CaCO_3$; обменные ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} комплексометрическим методом (вариант ЦИНАО) по ГОСТ 26487-85, подвижные соединения микроэлементов: медь по ГОСТ Р 50684-94; цинк – ГОСТ Р 50686-94; марганец – ГОСТ Р 50682-94; бор – ГОСТ Р 50688-94; кобальт – ГОСТ Р 50687-94; сера (сульфатная) – ГОСТ 26490-85; плотность сложения методом режущих колец, агрегатный анализ по Саввинову. Все анализы выполнены в 4-кратной повторности. Статистическая обработка данных проведена в программе Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В геохимическом отношении изученный участок представляет собой трансэлювиально-аккумулятивный элементарный ландшафт (по схеме Б. Б. Полынова - М. А. Глазовской). Почвообразование протекало на моренных валунных карбонатных суглинках под влиянием жестких грунтовых вод. Высокая карбонатность связана с тем, что ледник мог захватывать обломки коренных пород, которые на участке исследований представлены верхнемеловыми отложениями [6, с. 34]. Природной растительностью являлись черноольховые леса. В таких условиях сформировались различные подтипы типа дерново-глеевых почв по классификации 1977 г. [9]. Освоение почв было связано со сменой древесной формации на травянистую лугового типа. Осушительная мелиорация в XX в. превратила малые реки в водоприемники, привела к общему понижению уровня грунтовых вод и обмелению рек. Застойный тип водного режима в дерново-глеевых почвах сменился застойно-промывным. Часть органического вещества минерализовалась.

Нами изучена катена на приречном склоне опытного поля с абсолютными отметками 15 – 16 м над уровнем моря (рис. 1). Почвенный покров представлен элементарной почвенной структурой (ЭПС) дерново-грунтово-глееватых легко- и среднесуглинистых почв средне- и сильноглееватых в сочетании с дерново-глеевыми почвами замкнутых микропонижений. Различия в морфологическом строении связаны с пространственной и вертикальной микропестротой

гранулометрического состава и степенью гидроморфизма, что является отражением различного положения по микрорельефу (рис. 1, табл. 1).

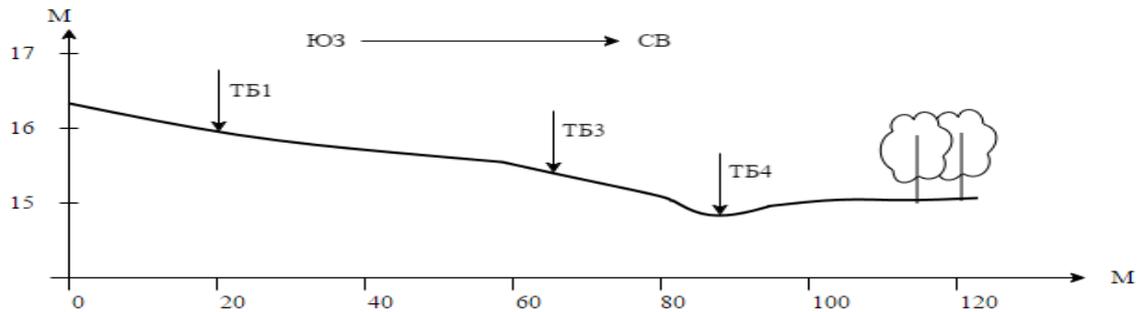


Рис. 1. Профиль катены

Fig. 1. Catena profile

Следствием деятельности ледниковых вод является наличие маломощных прослоев различного гранулометрического состава от тяжелого суглинка в разрезе ТБ1 до супесей и песков в разрезах ТБ3 – ТБ4.

Гумусовый горизонт почв имеет мощность 20 – 30 см. Периодически распаиваются верхние 20 - 22 см. Глееватый горизонт вскрывается сразу под гумусовым. Опускание уровня грунтовых вод в связи с осушением привело к формированию вторично окисленных горизонтов на месте бывших глеевых в почвах разрезов ТБ1 и ТБ3. Максимальное скопление мучнистой гидроокиси железа от охристого до ярко-малинового цвета характерно для легкосуглинистых и супесчаных прослоек, обладающих большей воздухопроницаемостью. Черно-бурые ортштейны встречаются в гумусовых горизонтах всех почв. Наиболее выражен процесс конкрециеобразования в сегрегированном сильноглееватом горизонте разреза ТБ3.

Согласно Ф. Р. Зайдельману, смена застойного водного режима на застойно-промывной влечет за собой морфологические и химические изменения [10]. Появляются признаки отбеливания (оподзоливания) на месте оглеенных горизонтов. В изученных почвах оподзоливание препятствует высокая карбонатность пород. Однако почва разреза ТБ3 в сильноуплотненном подгумусовом горизонте несет слабые признаки отбеливания. Эта же почва является наиболее выщелоченной в катене. Поэтому ее эволюция направлена в сторону формирования элювиального горизонта на месте бывшего оглеенного (при условии сохранения осушительного водного режима).

Современная граница редуцированного глея в катене повышается от дерново-глеевой к дерново-глеевой почве. Уровень грунтовых вод (УГВ) контролируется подпором со стороны реки. В летний период во всех почвах катены УГВ глубже 1 м (в почвах ТБ1 – ТБ3 1,5 – 1,6 м, в дерново-глеевой около 1,1 – 1,3 м). Но в пределах метровой толщи почв разрезов ТБ3, ТБ4 весной и осенью формируются верховодки.

Реакция среды в пахотных горизонтах всех почв нейтральная или близкая к нейтральной по данным солевой вытяжки (табл. 2). Вниз по профилю с глубины 30-40 см значения рН становятся слабощелочными, а с 50-60 – среднещелочными в связи с тем, что почвы сформировались на карбонатных отложениях (рис. 2-3).

Таблица 1. Морфологическая характеристика осушенных дерновых оглеенных почв
 Table 1. Morphological characteristics of the soddy gleyed drained soil

Характеристики	ТБ1	ТБ3	ТБ4
Микрорельеф	Пологий склон до 1,5 ⁰	Склон 2-3 ⁰	Замкнутое микропонижение
Почва	Дерново-среднеглееватая среднесуглинистая	Дерново-сильноглееватая (глубокоглеевая) легкосуглинистая	Дерново-глеевая среднесуглинистая
Окраска гумусового горизонта	Буро-темно-серый	Буро-темно-серый	Темно-серый с бурым оттенком
Мощность гумусового горизонта (Ап + А1), см	20 - 25	23	25 - 30
Верхняя граница залегания глееватого горизонта, см	25	23	25 - 30
Верхняя граница залегания редуцированного глея, см	Не вскрыт	120	60 - 70
Степень оглеения профиля	В горизонте В _{1g} оглеение слабое; с 60 см – среднеглееватый	Горизонт В _{1g} сильно глееватый сегрегированный; с 53 см - сильноокисленный глей	Горизонт В _{1g} среднеглееватый, с 45 см – окисленный глей
Конкреционные Mn-Fe новообразования	Мелкие черно-бурые ортштейны в А1 и глубже	Черно-бурые ортштейны в А1, многочисленные в В _{1g} (на глубине 23-46 см)	Черно-бурые ортштейны в А1
Марганцевые вкрапления	С 60 см	С 23 см	С 25 см
Аморфная гидроокись Fe	Пятна по всему профилю, обильно со 110 см	Пятна с 23 см; окисленный горизонт с обильными скоплениями на 46 – 120 см	Пятна до 70 см
Кутаны	Бурые, с 60 см – сизо-серые	С 23 см – сизо-серые	С 25 см – серо-сизые и сизые
Глубина залегания карбонатного горизонта, см	40	50	30
Характеристика карбонатов	Первичные карбонаты: белесые известняковые (в основном окатанные) камни; вторичные (карбонатные новообразования): мучнистые прожилки и скопления		

В катене просматривается тенденция снижения рН в пахотном горизонте почвы на перегибе склона с близким залеганием к поверхности сильноглееватого уплотненного горизонта (ТБ3).

В условиях современного застойно-промывного типа водного режима карбонаты вымыты на глубину 30 - 50 см. Почвы являются слабовыщелоченными. Степень окарбоначенности иллювиальных горизонтов средняя, с глубиной увеличивается до высокой (более 30% CaCO₃).

По общему массиву данных для трех почв (30 почвенных образцов) была рассчитана корреляционная взаимосвязь показателя рН_{Н2О} и содержания CaCO₃. Коэффициент корреляции составил 0,8 - связь показателей высокая.

Анализ содержания обменных оснований показал, что количество Ca²⁺ в пахотных горизонтах осушенных почв варьирует от высокого до очень высокого (рис. 3). Содержание Mg²⁺ подвержено более сильным колебаниям. С увеличением степени гидроморфизма в изученной катене расширяется соотношение Ca²⁺ : Mg²⁺. В целом все почвы отличаются очень высокой степенью насыщенности основаниями гумусовых горизонтов. Сумма обменных оснований снижается в супесчаных горизонтах разреза ТБ4.

Таблица 2. Агрохимические свойства дерновых оглеенных почв

Table 2. Agrochemical properties of the soddy gleyed soils

Показатели	Компоненты ЭПС		ЭПА
	дерново-среднеглееватая среднесуглинистая	дерново-сильноглееватая легкосуглинистая	дерново-глеевая среднесуглинистая
Рельеф	Склон до 1,5 ⁰	Склон 2 -3 ⁰	Замкнутое микропонижение
рН _{Н2О}	7,2	6,8	7,2
рН _{КС1}	6,1	5,7	6,0
Подвижный Р ₂ О ₅ , мг/кг	385	512	426
Подвижный К ₂ О, мг/кг	301	236	114
Гумус (%) по слоям, см:			
0 – 10	4,42	3,12	5,19
10 – 20	3,50	2,17	4,34
20 – 30	1,59	0,90	3,81
30 - 40	0,78	0,15	0,24
Микроэлементы в слое 0 – 20 см:			
Cu	5,5	5,7	5,9
Zn	2,1	2,7	2,5
Mn	32,0	34,0	37,0
B	0,80	0,68	0,91
Co	0,35	0,33	0,34
S	6,1	5,5	6,2

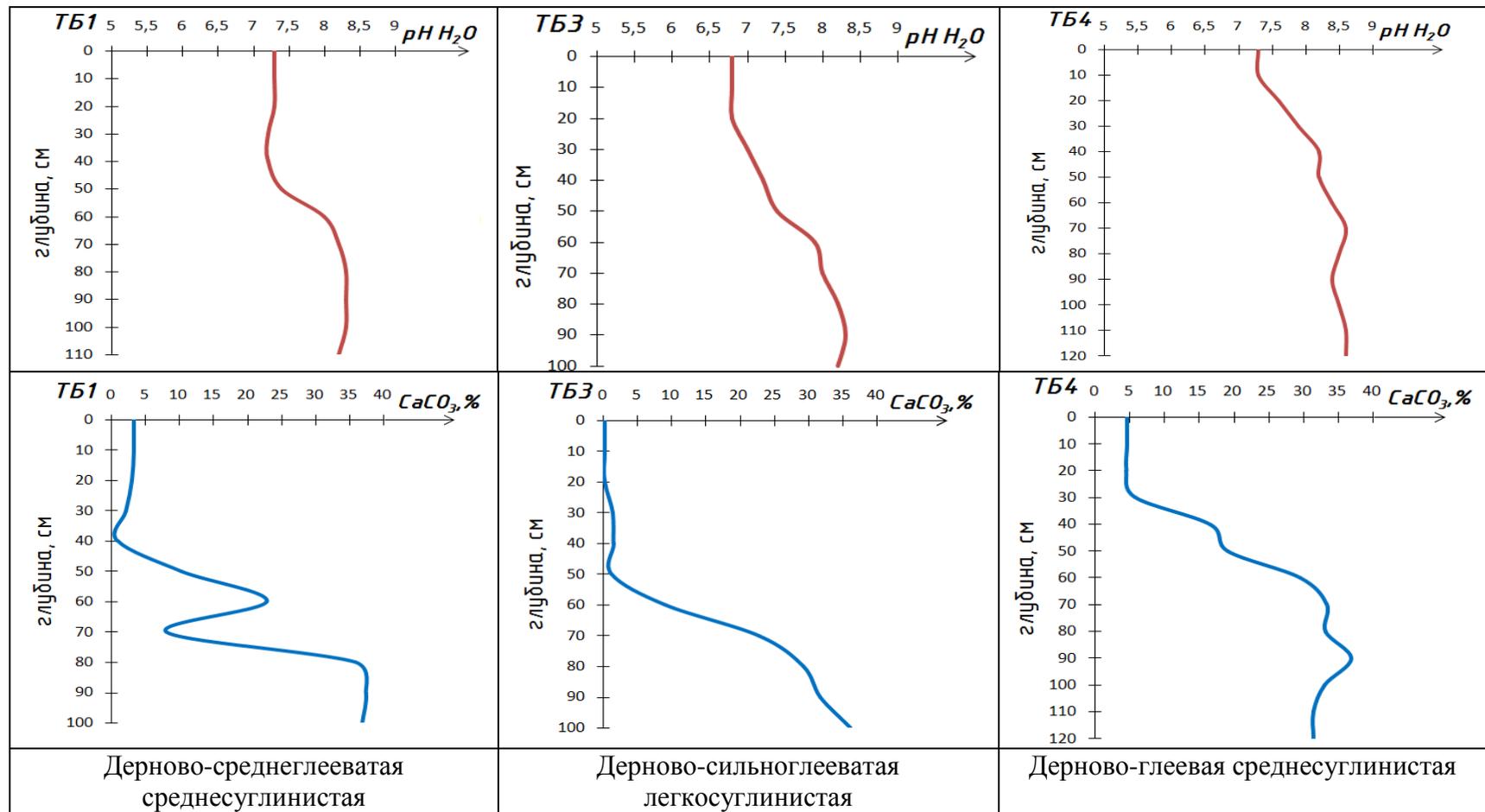


Рис. 2. Варьирование значений pH_{H_2O} и содержания карбонатов по профилю дерновых оглеенных почв

Fig. 2. Variation of pH_{H_2O} values and carbonates content along the profile of the soddy gleyed soils

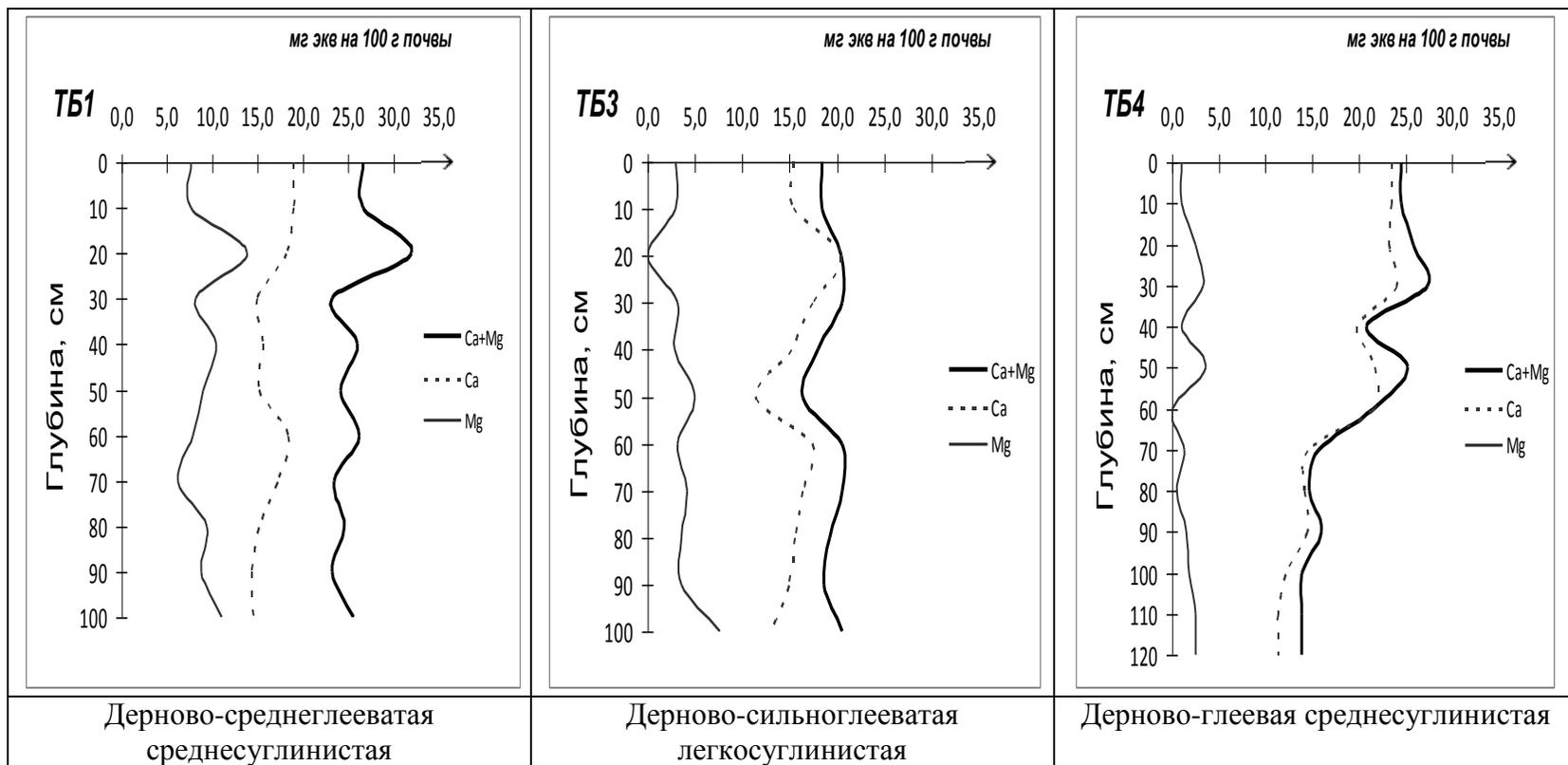


Рис. 3. Распределение обменных оснований по профилю дерновых оглеенных почв
 Fig. 3. Distribution of exchange bases along the profile of the soddy gleyed soils

Изученные почвы отличаются хорошей гумусированностью по сравнению с региональными пахотными дерново-подзолистыми, которые содержат в среднем около 2,5 % гумуса в слое 0 – 20 см. Распределение гумуса по профилю дерновых оглеенных почв – резко убывающее, максимум приурочен к пахотному гумусовому горизонту, а именно верхней его части (табл. 2). Поверхностное накопление гумуса связано с тем, что на поле длительное время практикуют выращивание различных многолетних трав.

В катене менее гумусирована почва на перегибе склона (ТБ3) вследствие периодического влияния подпахотной верховодки на уплотненном слое и связанной с этим восстановительной обстановкой. При распашке вероятно развитие слабых эрозионных процессов. Высокое содержание гумуса в дерново-глеевой почве западины – результат замедленной минерализации органического вещества природной почвы в условиях повышенной влажности. Определенную роль играет аккумуляция гумусовых веществ, приносимых с латеральным стоком.

Запасы гумуса высокие (для почв агроландшафтов таежно-лесной зоны) в дерново-глеевой почве (184 т/га), в том числе 110,5 т/га в пахотном слое. В дерново-среднеглеевой они составляют соответственно 146 и 102 т/га. Существенно меньше эти цифры в дерново-сильноглеевой почве (106 и 75,6 т/га).

Количество подвижного фосфора во всех почвах очень высокое, а калия – убывающее по катене: от очень высокого до среднего (табл. 2).

Обеспеченность пахотного слоя микроэлементами слабо варьирует в пределах почв катены. Содержание подвижных соединений меди, цинка и бора – высокое; меди и марганца – в основном среднее; кобальта – низкое.

Равновесная плотность верхних горизонтов почв неоднородна в пространстве. Наиболее уплотненной является почва на перегибе склона (ТБ3) (табл. 3). Нижние горизонты имеют плотность 1,60 – 1,68 г/см³.

Таблица 3. Равновесная плотность верхних горизонтов дерновых оглеенных почв
Table 3. Equilibrium density of the upper horizons of the soddy gleyed soils

Горизонт, глубина, см	Дерново-среднеглееватая среднесуглинистая, ТБ1	Дерново-сильноглееватая легкосуглинистая, ТБ3	Дерново-глеевая среднесуглинистая, ТБ4
Ап 0-20	1,29 ± 0,15	1,43 ± 0,12	1,16 ± 0,13
В1г 25 – 40	1,35 ± 0,14	1,53 ± 0,11	1,44 ± 0,10

В результате проведения агрегатного анализа выяснилось, что почвы характеризуются неудовлетворительным и плохим состоянием по данным сухого рассева (табл. 4). Структура комковато-глыбистая. Процент глыбистой фракции увеличивается от среднеглеевой (ТБ1) к сильноглеевой (ТБ3) почве. Этому способствует формирование верховодки под гумусовым горизонтом и временное переувлажнение (влажность выше наименьшей влагоемкости) в период механических обработок. Отсюда и повышенная плотность верхних слоев.

Водопрочность агрегатов во всех почвах высокая. Это следствие хорошей гумусированности почв и насыщения почвенно-поглощительного комплекса ионами кальция.

Вместе с тем надо отметить методическую проблему определения агрегатного состава дерново-глеевых почв методом Саввинова. Она заключается в том, что расसेву подвергаются исходно воздушно-сухие образцы с влажностью менее максимальной гигроскопической. В природе эти почвы никогда не иссушаются до такого состояния, даже в сухой год. При высыхании в лабораторных условиях многочисленные гидроокиси железа, столь характерные для гидроморфных почв таежно-лесной зоны, теряют воду и цементируют агрегаты. Поэтому увеличение водопрочности агрегатов в дерново-сильноглеевой почве (ТБ3) требует проверки путем мокрого рассева из естественного состояния (в динамике полевой влажности).

Таблица 4. Агрегатный анализ дерновых оглеенных осушенных почв (в числителе данные сухого просева, в знаменателе – мокрого)

Table 4. Aggregate analysis of the soddy gleyed drained soils (In the data numerator of dry sifting, in the denominator - wet)

Горизонт, глубина, см	Размер фракций, мм, содержание, %									
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	10-0,25
ТБ1. Дерново-среднеглееватая среднесуглинистая										
Ап	56,7	10,5	7,8	<u>8,3</u>	<u>2,2</u>	<u>5,4</u>	<u>4,0</u>	<u>2,5</u>	<u>2,5</u>	<u>35,4</u>
0-20				4,2	3,9	13,0	16,7	13,0	40,6	59,4
ТБ3. Дерново-сильноглееватая легкосуглинистая										
Ап	86,5	3,6	2,6	<u>2,6</u>	<u>0,7</u>	<u>1,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	<u>12,1</u>
0-20				1,6	1,3	5,7	9,8	7,3	29,6	70,4
ТБ4. Дерново-глеевая среднесуглинистая										
Ап	51,3	11,4	7,7	<u>9,7</u>	<u>2,8</u>	<u>6,8</u>	<u>4,8</u>	<u>3,3</u>	<u>2,2</u>	<u>46,5</u>
0-20				3,2	3,0	9,9	18,4	16,5	49,0	51,0

Нами изучена продуктивность надземной фитомассы козлятника восточного (*Galega orientalis Lam.*) сорта Гале в фазе начала цветения (июнь 2016 г.) в смешанных посевах третьего года пользования. Травосмесь испытывается для создания высокопродуктивных долголетних сенокосов. Задачей являлось установление степени влияния на урожайность компонентов почвенной микрокомбинации, различающихся по степени гидроморфизма.

Свойства дерновых оглеенных осушенных почв по большинству показателей (гранулометрический состав, содержание гумуса и обменных оснований, обеспеченность элементами питания, уровень рН, карбонатность пород) соответствуют агроэкологическим требованиям культуры [11]. Учеными установлено, что козлятник восточный может выдерживать 12-15-дневное затопление. Особенно опасно для него близкое залегание грунтовых вод. Преимущества выращивания культуры заключаются в высокой продуктивности зеленой массы, скороспелости, нектаропродуктивности, кормовой ценности, высоких почвозащитных качествах за счет развития мощной корневой системы и симбиотической азотфиксации на фоне многолетнего использования культуры.

2016 г. выдался влажным – около 880 мм осадков. Однако их основная масса пришлась на август и октябрь. Период накопления зеленой фитомассы травосмеси и цветение прошли в благоприятных по увлажнению условиях (50-80 мм осадков в месяц).

В катене урожайность оказалась максимальной на дерново-среднеглеевой среднесуглинистой почве слабонаклонного участка поля (в среднем около 8 т/га). Наличие плужной подошвы и сильноглеевого горизонта сразу под пахотным во втором компоненте ЭПС приводит к снижению урожайности на 23,3 % общей фитомассы травосмеси и в среднем на 20 % козлятника. Различия выражены только по фитомассе ($НСР_{05} = 112 \text{ г/м}^2$), а по высоте травостоя они незначительны (табл. 5).

Таблица 5. Урожайность смешанных посевов козлятника восточного (воздушно-сухая масса)

Table 5. Productivity of mixed crops of *Galega orientalis* (air-dry weight)

Показатели	Почвы		
	дерново-среднеглееватая среднесуглинистая	дерново-сильноглееватая легкосуглинистая	дерново-глеевая среднесуглинистая
Общая надземная фитомасса, г/м^2	812 ± 22	623 ± 31	249 ± 17
Высота <i>Galega orientalis</i> , см	155 ± 8	157 ± 9	-
Масса <i>Galega orientalis</i> , г/м^2 / % от общей	$\frac{343 \pm 10}{42,2}$	$\frac{274 \pm 14}{44,0}$	-
Масса сеяных злаков (<i>Phleum pratense</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Arrhenatherum elatius</i>) г/м^2 / % от общей	$\frac{440 \pm 11}{54,2}$	$\frac{309 \pm 17}{49,6}$	$\frac{240 \pm 13}{96,4}$

В ареале дерново-глеевой почвы козлятник вовсе выпадает, наблюдаются единичные низкорослые растения. Травостой состоит только из злаковых компонентов. Анализ погодных условий в год посева привел к ответу о причинах этого явления. В период всходов июль и сентябрь выдались сырыми. В итоге после ливневых осадков (более 100 мм за месяц) произошло кратковременное поверхностное затопление замкнутой микрозападины и длительное стекание внутрипочвенной верховодки. Это повлекло гибель всходов. В итоге общая продуктивность травосмеси резко снизилась.

Согласно агроэкологической группировке структур почвенного покрова (СПП) таежно-лесной зоны, предложенной Н. П. Сорокиной [5], изученные дерновые оглеенные почвы относятся к категории II – слабореннированные земли, группе полугидроморфных элементарных почвенных структур (ЭПС) подчиненных элементов ландшафта. Отличительная черта сельскохозяйственных почв Калининградской области – изменение гидрологического режима при осушении. Поэтому дополнительной характеристикой должна являться оценка мелиоративного состояния, например по системе, предложенной А. Ю. Перцови-

чем и О. Л. Ведениным [10, с. 359-361]. Для изученных почв оно удовлетворительное с ограничениями для замкнутой депрессии.

Дерновые оглеенные почвы занимают небольшие ареалы по сравнению с фоновыми дерново-подзолистыми разной степени оглеения. Однако на слабодренированных озерно-ледниковых равнинах площади ЭПС дерновых оглеенных почв достигают более одного гектара. Они могут выделяться в отдельные мелкоконтурные поля, как на изученном ключевом участке. Высокое потенциальное плодородие этих почв требует эффективного использования. При агроэкологическом картировании дерновые оглеенные почвы должны быть отнесены к группе полугидроморфных земель. При хорошем и удовлетворительном мелиоративном состоянии возможно использование этих почв как в полевых севооборотах (возделывание яровых зерновых, зернобобовых культур, одно- и многолетних трав), так и в сенокосном режиме с подбором мезофитных высокопродуктивных травостоев. При неудовлетворительном мелиоративном состоянии на них размещают сенокосы с подбором влаголюбивых травостоев, выносящих длительное переувлажнение. Перспективой повышения количества и качества продукции в этом случае является реконструкция (ремонт) дренажа.

Лимитирующими почвенно-гидрологическими факторами использования почв являются вероятность поверхностного затопления замкнутых понижений в сырые сезоны и формирование верховодки вблизи пахотного горизонта. Поэтому необходимо раскрытие западин и регулирование поверхностного стока.

Полученные результаты и рекомендации распространяются на аналогичные изученным почвы, которые встречаются ареалами в условиях низменных слабодренированных равнин на карбонатных отложениях в северной, центральной и восточной частях Калининградской области.

ВЫВОДЫ

1. Современные дерновые оглеенные почвы агроландшафтов слабодренированных равнин эволюционировали из дерново- и перегнойно-глеевых почв при их осушении и изменении водного режима с застойного (периодически водонасыщающего) на застойно-промывной.

2. Изменение водного режима отражается на морфологическом облике почв: понижается глубина залегания редуцированного глея, формируются вторично окисленные горизонты, насыщенные гидроокисью железа, образуются сегрегированные горизонты с Mn-Fe конкрециями и признаками слабого отбеливания (элювиальные горизонты).

3. Пространственная неоднородность почв связана с формированием микрокомбинаций в зависимости от степени гидроморфизма и микрорельефа.

4. Дерновые оглеенные осушенные почвы на карбонатных моренных суглинках отличаются от зональных дерново-подзолистых повышенным плодородием. Поэтому они наиболее благоприятны для выращивания бобовых культур (клевера, козлятника, люцерны) в условиях Калининградской области.

5. На изученных почвах урожайность смешанных посевов козлятника восточного со злаковыми травами составила 6 – 8 т/га воздушно-сухой фитомассы. Факторами, снижающими урожайность, являются подпахотная верховодка и плужная подошва. В замкнутых микропонижениях происходит

полный выпад козлятника из-за влияния поверхностного переувлажнения и близкого залегания грунтовых вод в начальный период роста.

6. В системе агроэкологической типизации земель дерновые оглеенные почвы относятся к группе полугидроморфных земель подчиненных элементов ландшафта. Осушительная мелиорация способствовала увеличению их продукционного потенциала и возможности сельскохозяйственного использования (полевые севообороты, сенокосы). Основным условием стабильного функционирования является эффективное регулирование поверхностного стока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кирюшин, В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В. И. Кирюшин. – Москва: КолосС, 2011. – 443 с.
2. Якушев, В. П. На пути к точному земледелию / В. П. Якушев. – Санкт-Петербург: ПИЯФ РАН, 2002. – 458 с.
3. McBratney, A. B. Future direction of Precision Agriculture / A. B. McBratney, Whelan B. M., Aneev T., Bouma J. // Precision Agriculture, 2005. – P. 7 – 23.
4. Werner, A. Integrated management of soil and crop in precision agriculture / A. Werner, R. Ruth at al. // Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF. – Wageningen, 2003. - 10 p.
5. Сорокина, Н. П. Структура почвенного покрова пахотных земель: типизация, картографирование, агроэкологическая оценка: автореф. дис... д-ра с-х. наук: 03.00.27 – Почвоведение / Сорокина Наталья Павловна. – Москва, 2003. – 48 с.
6. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. В. В. Орленок. – Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. – 276 с.
7. Научные основы системы земледелия Калининградской области / О. А. Борматенков [и др.]: сб. науч. тр. – Калининград, 1982. – 253 с.
8. Анциферова, О. А. Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение: в 2 ч. / О. А. Анциферова. – Калининград, 2008. – Ч. 2. Дерново-глеевые, аллювиальные, болотные, постпланировочные, городские почвы. Структура почвенного покрова. – 424 с.
9. Классификация и диагностика почв СССР / сост. В. В. Егоров [и др.]. – Москва: Колос, 1977. – 224 с.
10. Зайдельман, Ф. Р. Методы эколога-мелиоративных изысканий и исследований почв / Ф. Р. Зайдельман. – Москва: Колос, 2008. – 486 с.
11. Адаптивная технология возделывания козлятника восточного на корм и семена (рекомендации) / С. Н. Надеждин [и др.]. – Москва: ФГУ РЦСК, 2008. – 48 с.

REFERENCES

1. Kirjushin V. I. *Teorija adaptivno-landshaftnogo zemledelija i proektirovanie agrolandshaftov* [Theory of adaptive-landscape agriculture and cultivated landscapes design]. Moscow, KolosS, 2011, 443 p.

2. Jakushev V. P. *Na puti k tochnomu zemledeliju* [Towards precision agriculture]. Saint-Petersburg, PIJaF RAN, 2002, 458 p.
3. McBratney A. B., Whelan B. M., Ancev T., Bouma J. Future direction of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, 2005, pp. 7-23.
4. Werner A., Ruth R. et al. Integrated management of soil and crop in precision agriculture. Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF. Wageningen, 2003, 10 p.
5. Sorokina N. P. *Struktura pochvennogo pokrova pahotnyh zemel': tipizacija, kartografirovanie, agroekologicheskaja ocenka. Avtoreferat diss. dokt. s-h. nauk* [Soil cover structure of croplands: typification, mapping, agroecological assessment. Extended abstract of DSc (Agriculture) dissertation]. Moscow, 2003, 48 p.
6. *Geograficheskij atlas Kaliningradskoj oblasti* [Geographic atlas of the Kaliningrad region]. Kaliningrad, Izd-vo KGU; CNIT, 2002, 276 p.
7. Bormatenkov O. A., Valuckij E. N., Vegele M. K. i dr. *Nauchnye osnovy sistemy zemledelija Kaliningradskoj oblasti* [Scientific foundation of the agricultural system of the Kaliningrad region]. Kaliningrad, 1982, 253 p.
8. Anciferova O. A. *Pochvy Zamlandskogo poluostrova i ih antropogennoe izmenenie. Chast' 2. Dervno-gleevye, alljuvial'nye, bolotnye, postplanirovochnye, gorodskie pochvy. Struktura pochvennogo pokrova* [Soils of Sambia peninsula and their anthropogenic change. Part 2. Soddy-gleyed, alluvial, marshy, postplanning, urban soils. Soil cover structure]. Kaliningrad, 2008, 424 p.
9. Egorov V. V., Fridland V. M., Ivanova E. N., Rozov N. N. i dr. *Klassifikacija i diagnostika pochv SSSR* [Classification and diagnostics of the USSR soils]. Moscow, Kolos, 1977, 224 p.
10. Zajdel'man F. R. *Metody jekologo-meliorativnyh izyskanij i issledovanij pochv* [Methods of ecological and reclamation investigation and soils study]. Moscow, Kolos, 2008, 486 p.
11. Nadezhdin S. N. i dr. *Adaptivnaja tehnologija vozdeljvanija kozljatnika vostochnogo na korm i semena (rekommendacii)* [Adaptive technology of Galega orientalis cultivation for feed and crops (recommendations)]. Moscow, FGU RCSK, 2008, 48 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Анциферова Ольга Алексеевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
E-mail: anciferova@inbox. ru

Antsiferova Olga Alekseevna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor; E-mail: anciferova@inbox. ru

Басаргина Анна Андреевна – Калининградский государственный технический университет; студентка

Basargina Anna Andreevna – Kaliningrad State Technical University; student

УДК 577.4:711.523(477.75)

ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА ДЕНДРОФЛОРЫ
ЛАНДШАФТНЫХ ПАРКОВ

О. М. Бедарева, А. В. Матюха, Е. Г. Кравцов

ASSESSING AND IMPROVING THE AGE STRUCTURE OF THE ARBOREAL
VEGETATION IN LANDSCAPE PARKS

O. M. Bedareva, A. V. Matyukha, E. G. Kravtsov

Среди элементов ландшафта наибольший интерес у людей вызывал, прежде всего, растительный мир, поскольку растения обладают выраженной физиономичностью. И если на первых порах человека привлекала только их эстетическая ценность, то со временем он все более активно вмешивался в процесс развития ландшафта, непосредственно воздействуя на фитоценоз, внедряя результаты селекции и интродукции видов. И вот тогда стало ясно, что каждое растение обозначено зонально и географически, проходит целый ряд отборов: на первом этапе экотопический, затем ценобиотический (внедряются только конкурентоспособные виды) и антропоический. Из представленного ряда наиболее важным является экотопический отбор, т. е. соответствие растения среде обитания, в противном случае два следующих отбора утрачивают свою значимость. Этот принцип нашел яркое отражение в формировании ландшафтных парков.

В мировой практике ландшафтные парки и ботанические сады стали центрами комплексной охраны природы. Их роль заключается в воспроизведении в достаточных количествах видов, типичных для местной флоры, а также экзотов, редких и находящихся под угрозой исчезновения. В формирующихся условиях сохранение ландшафтных парков выступает как основополагающий аспект ответственности за устойчивость и сбалансированность городской среды.

В статье приведены результаты исследования возрастного состава древесных доминантов ландшафтных парков, осуществлен их сравнительный анализ по соответствующим возрастным группам. Выявлены перспективы сохранения флористического состава с учетом возрастных тенденций. Рассмотрены стратегии жизни различных возрастных групп и определены пути оптимизации возрастного состава.

урбоэкосистемы, ландшафтные парки, возрастной состав, классы возраста, древесные доминанты, стратегии жизни

Among the elements of the landscape, flora initially aroused the greatest interest among people, as plants have an obvious physiognomic. And if at the beginning people used their natural attractiveness, then in the course of time they were increasingly intervening in the landscape development, bearing direct impact on phytocoenosis using selection results and species introduction. And then it became clear that each plant is

indicated zonation and geographically, undergo a number of selections: at the first stage-ecotypic selection, then cenobiotic (only competitive species are introduced) and anthropic. From the presented selections, the most important is ecotypic, that is, compliance of plants to the habitat, otherwise the following two selections lose their significance. This principle is clearly reflected in the formation of landscape parks.

In the world practice, landscape parks and botanical gardens have become centers of integrated conservation. Their activity is to reproduce in sufficient numbers species that are typical for the local flora, as well as exotic, rare and endangered species. In the emerging environment, maintenance of landscape parks acts as fundamental aspect of the responsibility for stability and balance of the urban environment.

The article presents research results of the age structure of the arboreal dominant of landscape parks, as well as comparative analysis of each dominant on the relevant age groups. The prospects of preserving floristic composition, according to the age trends have been revealed. Vital strategies of different age groups and identified ways to optimize the age structure have been considered.

urban ecosystem, landscape parks, age structure, age classes, arboreal dominant, vital strategies

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации города, занимая 1% территории страны, концентрируют три четверти ее населения [1]. С их ростом и развитием особое значение приобретает вопрос сохранения парков и лесопарков как крупных узловых элементов природного каркаса. Эти территории выполняют важные средообразующие, санитарно-гигиенические и рекреационные функции, влияют на формирование микроклимата города [2]. В условиях усиления процессов урбанизации необходимо рассматривать ландшафтные парки как основу зеленой структуры городской среды.

Оценка состояния древесных насаждений парков возможна только на основании комплексного подхода, включающего анализ местообитаний, морфометрических показателей: диаметра ствола, высоты, возрастного состава ценопопуляции. Данные параметры обуславливают необходимость корректировки пространственной структуры насаждений в целях повышения рекреационных характеристик объекта (соотношения открытых, полукрытых и закрытых пространств, устранения опасности ветровала и т.д.), а также улучшения фитосанитарного состояния деревьев.

Цель работы: выявить возрастной состав доминирующих популяций древесных пород для оптимизации пространственной структуры фитоценозов ландшафтных парков на примере парка Макса Ашманна.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Парк Макса Ашманна расположен в северной части Ленинградского района г. Калининграда. Это живописный зеленый массив площадью 68,02 га, включающий в себя три пруда, расположенных в его центральной и восточной частях. В таблице представлен баланс площадей в современных и исторических границах [3].

Таблица. Баланс площадей парка Макса Ашманна
Table. Balance of areas of Max-Asmann park

Наименование	Современные границы (2000 г.)		Исторические границы (1946 г.)	
	га	%	га	%
Здания и сооружения	2,9	3,6	0,8	1,0
Дороги	0,4	0,5	2,5	3,1
Площадки	-	-	2,3	2,9
Водные пространства	3,4	4,3	3,4	4,3
Насаждения плотные (закрытые пространства – З)	45,0	68,7	32,0	40,0
Насаждения, рыхлые (полуоткрытые пространства – ПО)	2,0	2,5	23,0	29,0
Поляны (открытые пространства – ОП)	14,0	17,5	16	20
Итого:	68,02	100,0	80,0	100,0

В работе использованы методы лесотаксационных и геоботанических исследований, изложенные в классических руководствах: Полевая геоботаника (том 1, 1959); Основные понятия лесной биогеоценологии (Сукачёв, 1964); Геоботаника (Быков, 1978); Классификация растительности (Александрова, 1969); Сообщества и экосистемы (Уиттекер, 1980).

Выбор модельных деревьев для учёта таксационных показателей производился согласно требованиям, изложенным в целом ряде работ. На каждой пробной площади был проведён сплошной пересчёт деревьев, определены их основные морфометрические параметры. Таксономический анализ флоры осуществлялся с использованием филогенетической системы А. Л. Тахтаджяна (1980-1982) [4-9].

Для удобства работы территория парка Макса Ашманна была разбита на секторы [10] (рис. 1).



Рис. 1. Секторное зонирование территории парка
Fig. 1. Sector zoning of the park territory

Всего выделено девять секторов, обследовано 15276 деревьев, на долю доминантов приходится 61,4 %.

Возрастной состав популяции включает различные возрастные периоды (группы): латентный – покоящиеся семена в почве; виргинильный, дифференцированный на ряд подгрупп: всходы, инфантную и собственно виргинильную (подрост); генеративный (особи, способные к половому размножению), синильный (старческий). Для нормального функционирования первые два возрастных периода должны быть представлены значительным количеством особей, в противном случае популяция не имеет будущего.

На территории объекта осуществлена сплошная таксация древесных насаждений. В перечетную ведомость включены следующие показатели: видовая принадлежность, диаметр ствола (замер на высоте 1,3 м), высота, возраст, характеристика состояния.

Оценка возрастного состава проводилась по следующим классам: 1-й класс – 0-20 лет; 2-й – 20-40; 3-й – 40-60; 4-й – 60-80; 5-й – 80-100; 6-й – свыше 100 лет. Виргинильная группа относится к 1-му, генеративная – 2-5-му, синильная – 6-му классу. В работе приняты усредненные классы возраста.

Каждая из возрастных групп обладает определенной стратегией жизни. Так, для виргинильной группы характерно активное возобновление и способность задерживать интенсивность роста и развития с целью снижения конкуренции с особями генеративной группы. При благоприятных условиях особи виргинильной группы способны ускорять процессы роста и физиологической зрелости с целью перехода в генеративную группу. Что касается генеративной группы, то стратегия жизни её особей направлена на активизацию процессов плодоношения. Однако в определенные годы наблюдается отсутствие цветения и плодоношения, что приводит к снижению потенциала популяций животных (фитофагов), для которых плоды древесных насаждений служат кормовой базой. В последующие годы создаются благоприятные условия для формирования резервата семян пород в почвенных горизонтах. Для синильной группы отмечается общее снижение биотического потенциала: отсутствуют процессы полового размножения, наблюдается деформация кроны, гибель отдельных побегов, повреждение микологической и вирусной инфекциями. Тем не менее представители данной группы переходят к вегетативному размножению, но возникающие дочерние особи в возрастном цензе нельзя считать виргинильными, так как они сохраняют возрастную структуру и потенциал материнской.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Древесная растительность парка включает виды, типичные для природной подзоны смешанного леса, к которой относится Калининградская область [11]. В ходе исследований были выявлены доминирующие в дендрофлоре парка породы: дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), граб обыкновенный (*Carpinus betulus* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.). Процентное соотношение преобладающих видов представлено на рис. 2.

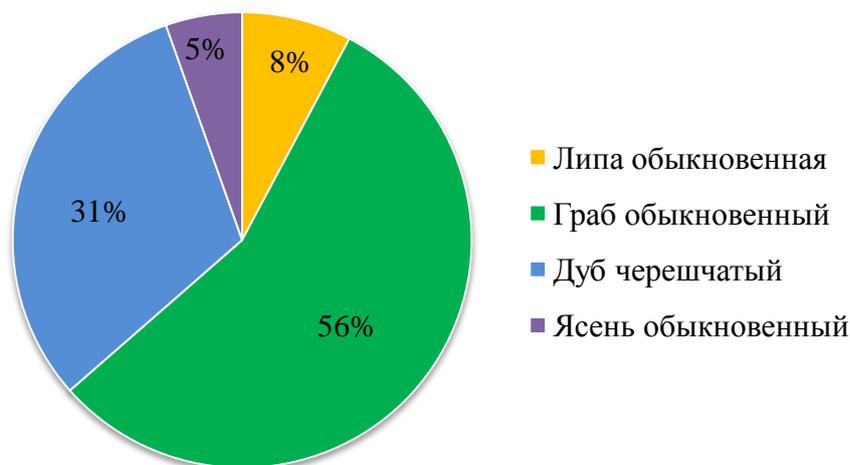


Рис. 2. Процентное соотношение видов деревьев, преобладающих в дендрофлоре парка

Fig. 2. The percentage of tree species, prevailing in arboreal flora of park

На основе перечетных ведомостей были выявлены особенности возрастного состава древесных доминантов. На рис. 3 - 6 представлено распределение особей по возрастам.

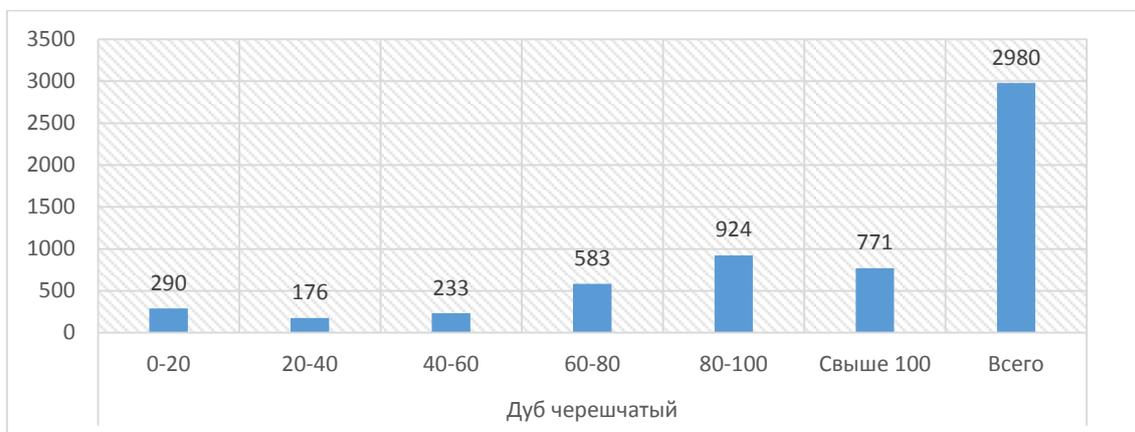


Рис. 3. Распределение особей популяции дуба черешчатого по возрастам

Fig. 3. The distribution of specimens of *Quercus robur* population by age

В популяции дуба черешчатого преобладает генеративная возрастная группа (64,3%), особенно особи 5-го класса. При анализе популяции синильную группу стоит рассмотреть с точки зрения неоднородности. Более четкая дифференциация по ступеням возраста в 10 лет позволит выявить особи, вполне соответствующие представителям генеративной группы: 110, 120, 130, 140, 150 лет.

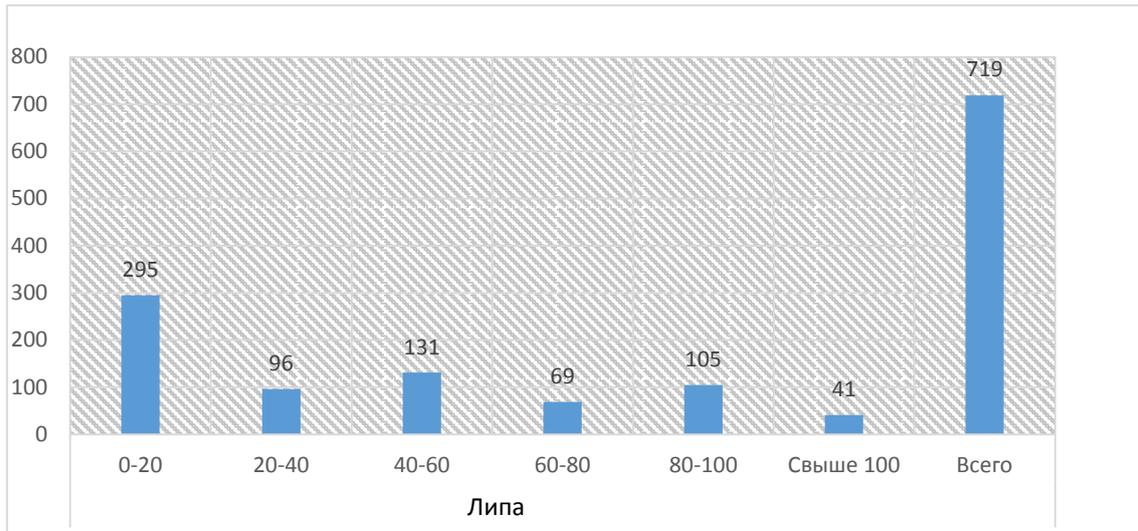


Рис. 4. Распределение особей популяции липы обыкновенной по возрастам
 Fig. 4. The distribution of specimens of *Tilia cordata* population by age

В популяции липы сердцевидной также преобладает генеративная возрастная группа (55,8%), особенно особи 3-го класса; 41% популяции - представители виргинильной группы, что говорит о перспективности и эффективном возобновлении популяции в данных лесорастительных условиях.

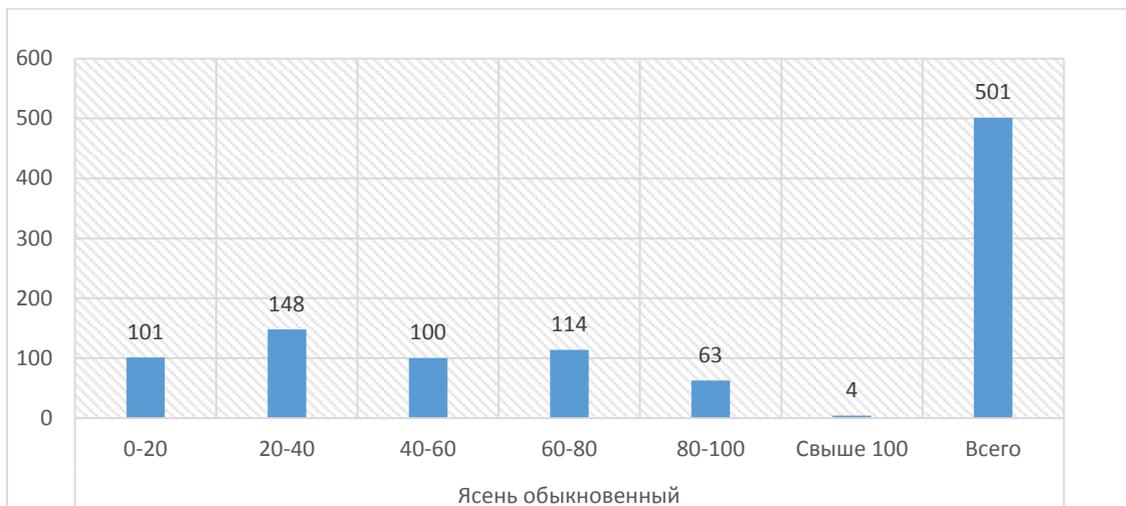


Рис. 5. Распределение особей популяции ясеня обыкновенного по возрастам
 Fig. 5. The distribution of specimens of *Fraxinus excelsior* population by age

В популяции ясеня обыкновенного на генеративную группу приходится 84,8 % особей, в основном 2-4-го классов; 20,1% составляют представители виргинильной группы. Практически отсутствуют деревья синильной группы, что обусловлено временем внедрения популяции в ландшафтный парк.



Рис. 6. Распределение особей популяции граба обыкновенного по возрастам
 Fig. 6. The distribution of specimens of *Carpinus betulus* population by age

Популяция граба обыкновенного характеризуется следующим распределением по возрастам: на долю виргинильной группы приходится 15,6%; генеративной - 82,2%, что говорит о слабом возобновлении. Тем не менее данную популяцию следует рассматривать как популяцию нормального типа, равновесную, т. е. преобладающая часть её особей способна к процессам генеративного и вегетативного размножения, что объясняется большой возрастной протяженностью генеративной группы, включающей 2-5-й классы. Правомерно сделать вывод о высоком биотическом потенциале популяции и оптимальных условиях произрастания.

В целом по секторам незначительный процент синильных особей во многом связан с элиминацией перестойных насаждений с территории ландшафтного парка. Что касается возрастных особей, сохранивших нормальную архитектуру кроны, используется механизм защиты исторических насаждений как памятников природы. Высокая дифференциация генеративной группы по породам позволяет сделать положительный прогноз, так как в её рамках более молодым особям еще предстоит переход в следующий класс возраста.

При рассмотрении виргинильной группы также необходимо учитывать особенности регуляции, принятой в парковой экосистеме: слишком густой подрост, как правило, не имеет перспектив количественно перейти в следующую возрастную группу. Часть особей удаляется с целью сохранения композиции и создания оптимальных условий для произрастания как виргинильных, так и генеративных возрастных групп. Следует продумать создание периферийных питомников, где особи виргинильной группы были бы размещены для использования в будущем на территории данного объекта или в других ландшафтных целях как посадочный материал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возрастной состав популяций при прогрессивном их развитии представляет собой убывающий ряд геометрической прогрессии. Заниженные количественные показатели виргинильной группы в плане возобновления,

исключение составляет популяция липы сердцевидной, нивелируются пролонгированными классами возраста генеративной группы.

Учитывая продолжительность жизни особей дуба черешчатого, значительный процент представителей генеративной группы в общей возрастной структуре в известной мере компенсирует возрастной фон популяции. Необходимы мероприятия по оценке фитопатологического состояния генеративной группы. Следует проводить мониторинг и виргинильной группы для оптимизации возрастной структуры популяции древесных насаждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Краснощекова, Н. С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов: учеб. пособие для вузов / Н. С. Краснощекова. – Москва: Архитектура-С, 2010. – 184 с.
2. David J. Nowak, Daniel E. Crane, Jack C. Stevens, Robert E. Hoehn, Jeffrey T. Walton, and Jerry Bond A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest Structure and Ecosystem Services *Arboriculture & Urban Forestry* 2008. 34 (6): P. 347–358.
3. Концепция развития парков, парковых зон, скверов и бульваров Калининграда (2010-2018 гг.) // Администрация городского округа «город Калининград», комитет архитектуры и строительства, управление главного архитектора города. – Калининград, 2009. - 34 с.
4. Лавренко, Е. М. Полевая геоботаника: в 4 т. / Е. М. Лавренко, А. А. Корчагин. – Москва, Ленинград: Изд-во академии наук СССР, 1959. – Т. 1. – 444 с.
5. Сукачѳв, В. Н. Основные понятия лесной биогеоценологии / В. Н. Сукачѳв, Н. В. Дылис. – Москва, 1964. – 486 с.
6. Быков, Б. А. Геоботаника / Б. А. Быков. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 288 с.
7. Александрова, В. Д. Классификация растительности / В. Д. Александрова. – Ленинград: Наука, 1969. – 275 с.
8. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – Москва: Прогресс, 1980. – 328 с.
9. Тахтаджян, А. Л. Жизнь растений: в 6 т. / А. Л. Тахтаджян. – Москва: Просвещение, 1980-1982. – Т. 5(1), Т. 5(2), Т. 6.
10. Инвентаризация древесных насаждений г. Калининграда и оценка их культуртехнического состояния / А. В. Матюха [и др.] // Экология урбанизированных территорий. – 2014. – № 3 – С. 46-51.
11. Мурачева, Л. С. Мониторинг лесопарковых экосистем на урбанизированных территориях Калининградской области / Л. С. Мурачева, О. М. Бедарева, В. К. Хлюстов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – 249 с.

REFERENCES

1. Krasnoshheкова N. S. *Formirovanie prirodnoгo karkasa v general'nyh planah gorodov: uchebnoe posobie dlja vuzov* [Formation of a natural frame in general plans of cities: textbook for high schools]. Moscow, Arhitektura-S, 2010, 184 p.

2. David J. Nowak, Daniel E. Crane, Jack C. Stevens, Robert E. Hoehn, Jeffrey T. Walton, and Jerry Bond A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest Structure and Ecosystem Services *Arboriculture & Urban Forestry*. 2008, no. 34(6), pp. 347-358.

3. *Koncepcija razvitija parkov, parkovyh zon, skverov i bul'varov Kaliningrada (2010-2018 gg.). Administracija gorodskogo okruga "Gorod Kaliningrad", komitet arhitektury i stroitel'stva, upravlenie glavnogo arhitekтора goroda* [The concept of development of parks, green areas, squares and avenues of Kaliningrad (2010-2018). City district administration "The city of Kaliningrad", the Committee of architecture and construction, the office of the chief architect of the city]. Kaliningrad, 2009, 34 p.

4. Lavrenko E. M., Korchagin A. A. *Polevaja geobotanika* [Field geobotanics]. Moscow, Leningrad, Izd-vo akademii nauk SSSR, 1959, vol. 1, 444 p.

5. Sukachjov V. N., Dylis N. V. *Osnovnye ponjatija lesnoj biogeocenologii* [Basic concepts of forest biogeocoenology]. Moscow, 1964, 486 p.

6. Bykov B. A. *Geobotanika* [Geobotanics]. Alma-Ata, Nauka, 1978, 288 p.

7. Alesandrova V. D. *Klassifikacija rastitel'nosti* [Classification of vegetation]. Leningrad, Nauka, 1969, 275 p.

8. Uiteker R. *Soobshhestva i jekosistemy* [Communities and ecosystems]. Moscow, Progress, 1980, 328 p.

9. Tahtadzhjan A. L. *Zhizn' rastenij* [Plant life]. Moscow, Prosveshhenie, 1980-1982, vol. 5(1), 5(2), 6.

10. Matjuha A. V. i dr. *Inventarizacija drevesnyh nasazhdenij g. Kaliningrada i oценка ih kul'turtehničeskogo sostojanija* [Inventory of tree plantings in the city of Kaliningrad and evaluation of their condition]. *Jekologija urbanizirovannyh territorij*, 2014, no. 3, pp. 46-51.

11. Muracheva L. S., Bedareva O. M., Hljustov V. K. *Monitoring lesoparkovyh jekosistem na urbanizirovannyh territorijah Kaliningradskoj oblasti* [Monitoring of forest-park ecosystems in urbanized territories of the Kaliningrad region]. Kaliningrad, Izd-vo FGBOU VPO "KGTU", 2013, 249 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бедарева Ольга Михайловна – Калининградский государственный технический университет; доктор биологических наук, доцент, зав. кафедрой агропочвоведения и агроэкологии; E-mail: olgabedareva@mail.ru

Bedareva Olga Mikhajlovna – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Biological Science, assistant professor, head of the department of agropedology and agroecology; E-mail: olgabedareva@mail.ru

Матюха Александр Владимирович – Калининградский государственный технический университет; ассистент, зав. лабораторией кафедры агропочвоведения и агроэкологии; E-mail: altosed@yandex.ru

Matyukha Aleksandr Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University; assistant; head of the laboratory at the department of agropedology and agroecology; E-mail: altosed@yandex.ru

Кравцов Евгений Григорьевич – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры агропочвоведения и агроэкологии

Kravtsov Evgeniy Grigorievich – Kaliningrad State Technical University; postgraduate student of the department of agropedology and agroecology

УДК 581.524;633.2.032;581.55

КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ

О. М. Бедарева, Т. Н. Троян, Л. С. Мурачёва, О. П. Федюнина,
Г. В. Горшинина, И. А. Волкова

CULTURAL-TECHNICAL CONDITION OF NATURAL FEEDING GROUNDS
AND PROSPECTS OF THEIR USE

O. M. Bedareva, T. N. Troyan, L. S. Murachyova, O. P. Fedyunina, G. V. Gorshinina,
I. A. Volkova

Природные кормовые угодья (ПКУ) являются важным источником получения кормов высокого качества. В летний период хозяйства имеют с них почти половину производимого молока, а также привеса крупного рогатого скота. Кроме того, сенокосы - источник сена, сенажа, силоса и травяной муки. В настоящее время продуктивность природных кормовых угодий не отвечает требованиям времени – большие площади находятся в неудовлетворительном культуртехническом состоянии. Между тем возрастающий спрос на молоко, мясо, шерсть предъявляет к ПКУ более высокие требования, что свидетельствует об актуальности рассматриваемой проблемы: культурного преобразования естественных сенокосов и пастбищ.

Объектом исследования послужили природные кормовые угодья северо-восточной части Гурьевского района Калининградской области. В процессе написания статьи авторами изучено культуртехническое состояние природных и сеяных сенокосов и пастбищ, рассмотрены приемы их поверхностного улучшения, обработаны фондовые материалы геоботанических обследований.

В пределах объекта кормовые угодья со средним и плохим качеством кормов составляют 70 % общей площади ПКУ. Кормовые угодья целевого назначения занимают площадь 424,4 га, из них под сенокосы используются 51,6 га (24 %), под пастбища – 372,8 га (76%). Значительная площадь – 593,5 га (33 %) принадлежит распаханым кормовым угодьям, куда входят и пастбища (238,1 га), которые на момент обследования были в обороте и засеяны травами под покров. Кормовые угодья, находящиеся в неудовлетворительном культуртехническом состоянии, занимают площадь 542,9 га (30 % от ПКУ).

природные кормовые угодья, сенокосы, пастбища, культуртехническое состояние, закороченность, закустаренность

Natural feeding grounds are an important source of production of high-quality fodder. Households receive almost half of produced milk and weight gain of cattle from NFG during summertime. Besides, haylands are a source of hay, haylage, silage and grass meal. Currently, the productivity of natural feeding grounds does not meet the requirements of the time – large areas are in poor cultural-technical condition.

Meanwhile, the growing demand for milk, meat and wool shows higher requirements to PKU. This constitutes the relevance of the issue: cultural transformations of natural haylands and pastures.

The object of the research was the natural feeding grounds (NFG) of the North-Eastern part of the Gurievsk district of the Kaliningrad region. In the process of writing this article, we have considered the following questions: studying the cultural-technical conditions of natural and seeded haylands and pastures, processing stock materials of geobotanical surveys, analyzing the methods of surface improvement of haylands and pastures.

Within the object, the feeding grounds with medium and low quality of fodders make 70 % of the total area of NFG. The feeding grounds of the special purpose occupied 424.4 square hectares, from which only 51.6 hectares (24 %) are used as haylands, for pastures – 372.8 hectares. Plowed feeding grounds occupy a significant area of 593.5 ha or 33 %. This area also includes pasture lands (238.1 ha), which at the time of the survey were plowed and seeded with herbs under the cover. The feeding grounds that are in poor cultural-technical condition occupy the area of 542.9 hectares or 30% of NFG.

natural feeding grounds, haylands, pastures, cultural-technical condition, quantity of hills, quantity of bushes

ВВЕДЕНИЕ

Кормовые экосистемы (пастбища, сенокосы, многолетние травы на пашне) занимают значительные площади и играют большую роль не только в кормопроизводстве, но и рациональном природопользовании. Они являются одним из компонентов биосферы, выполняют важнейшие продукционные, средостабилизирующие и природоохранные функции в агроландшафтах, оказывают влияние на экологическое состояние территории страны. Кормовые экосистемы сохраняют и накапливают органическое вещество в биосфере [1].

В Калининградской области в настоящее время дальнейшее увеличение поголовья скота и его продуктивности лимитируется слабым развитием кормовой базы. Природные кормовые угодья являются важным источником получения дешевых кормов высокого качества. Необходимо увеличение их объемов за счет как полевого, так и лугового кормопроизводства. За последние 15-20 лет эффективно развивается производство концентрированных, сочных и грубых кормов, получаемых с пахотных земель. В то же время наблюдается ухудшение состояния пастбищ и сенокосов – почти вдвое уменьшился сбор кормовых единиц за счет изменения видового состава (выпадение некоторых ценных кормовых трав), продуктивности (количественная деградация), культуртехнических параметров кормовых угодий (увеличилась засоренность, закочкаренность и т.п.).

Цель исследования заключалась в анализе культуртехнического состояния природных кормовых угодий с последующим обоснованием необходимости проведения комплекса работ, направленных на повышение продуктивности фитоценозов.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Объектом изучения послужили природные кормовые угодья северо-восточной части Гурьевского района Калининградской области. По данным геоботанического обследования, из общей их площади 1798,8 га под сенокосы используются 680,8 га, под пастбища - 1118,0 га.

Территория исследования относится ко второму агроклиматическому району. Устойчивый переход среднесуточной температуры через 10°C весной происходит в конце апреля - начале мая. В это время трогаются в рост раннеспелые злаки – лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), мятлик однолетний (*P. annua*), а также среднеспелые – ежа сборная (*Dactylis glomerata*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*) [2, 3].

Пастбищный период начинается в мае, заканчивается в октябре. Продолжительность его подтверждается средними многолетними метеоданными: период со среднесуточной температурой выше 10°C – 150 дней, количество осадков за год – 650-700 мм, гидротермический коэффициент (ГТК) – 1,6 [4].

Максимальная глубина залегания грунтовых вод составляет свыше 2 м, минимальная – 60 см (на болотах в северо-восточной части). Грунтовые воды жесткие, не насыщенные гидрокарбонатами кальция и магния. Почвенный покров объекта однородный, распространены дерново-слабоподзолистые и болотно-низинные почвы, менее – супесчаные и среднесуглинистые.

Растительность на территории объекта представлена лесной, луговой, болотной формациями. Леса имеют незначительное распространение (147 га) и представлены в основном отдельными небольшими массивами.

В работе использованы традиционные методы почвенных и геоботанических исследований. Проанализированы фондовые материалы геоботанического обследования объекта прошлых лет, в том числе картографические (М 1:10000).

На основании классификации И. А. Цаценкина, на территории выделено три класса: класс Л-1 – суходольные луга, класс Л-2 – низинные луга, класс Л-5 – болотные луга. В площадном выражении преобладают суходолы нормального и временного избыточного увлажнения (474,5 га), далее следуют низинные луга с соответствующими подклассами (350,3 га) и, наконец, болотные луга общей площадью (96,5 га) [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Современные отечественные технологии улучшения сенокосов и пастбищ, эффект которых достигается в основном путем использования природных возобновляемых ресурсов, обладают большим потенциалом. За счет поверхностного и коренного улучшения ПКУ возможно повышение их продуктивности в 3-5 раз и получение дешевого высококачественного корма [6].

Почти все кормовые угодья на объекте исследования в разное время прошли стадию улучшения и в настоящий момент находятся на разных этапах хозяйственного использования.

В результате геоботанического обследования выявлен ряд недостатков по использованию сенокосов и пастбищ (табл. 1, 2), в основном отсутствие пастбище- и сенокосооборота. Зачастую одни и те же кормовые угодья с хорошим травостоем используются без отдыха в течение всего сезона, в то время как

пастбища со щучковыми травостоями испытывают менее интенсивную нагрузку. Не соблюдается сезонность стравливания пастбищ. Выпас весной осуществляют по их переувлажненным почвам, в результате чего нарушается дернина, почва уплотняется и в травостой внедряются кормовые травы с крайне низким потенциалом: бодяг полевой (*Cirsium arvense*), щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*). Несвоевременно и в недостаточном количестве вносятся минеральные удобрения, органические же не используются, что сказывается на качестве кормов [7, 8].

Общая площадь заочкаренных пастбищ составляет 47,3 га. Кочки на кормовых угодьях распространены в основном на низинных и западинных лугах на площади 70,8 га. Засоренность непоедаемыми травами пастбища обнаружена на 166,4 га; распространена повсеместно небольшими участками в каждом классе ПКУ. На площади 20 га ПКУ сенокосного использования выявлена закустаренность, что свидетельствует о нарушениях в плане регулярности покосов. Наблюдается трансформация травянистых фитоценозов и переход их в субклимаксовое состояние по причине зарастания древесной и кустарниковой растительностью. Засоренность грубыми и непоедаемыми травами сенокосов обнаружена на площади 249,4 га, т. е. составляет 14 % от общей территории объекта.

Изменение ботанического состава ПКУ и внедрение видов низкого кормового потенциала следует рассматривать как экзо- и эндодинамические сукцессии, отражающие неустойчивость природных фитоценозов, как высвобождение экологических ниш при выпадении ценных кормовых трав (снижение популяционной активности доминантов) [9 - 11].

Таким образом, на основании анализа культуртехнического состояния кормовых угодий можно сделать вывод: часть угодий находится в удовлетворительном состоянии, здесь рекомендуется текущий уход (площадь 1268,5 га). На остальной площади следует провести поверхностное и коренное улучшение с целью создания высокопродуктивных кормовых угодий.

Поверхностное улучшение является ресурсосберегающим способом повышения продуктивности травостоя. В этом случае коренная растительность сохраняется полностью или частично, повышается ее урожайность или кормовое качество.

В настоящее время только эффективные и неотложные меры по повышению урожайности естественных кормовых угодий позволят предотвратить или снизить процессы вырождения природных травостоев и будут способствовать преобразованию хозяйственной деятельности.

Таблица 1. Культуртехническое и хозяйственное состояние пастбищ
 Table 1. Cultural-technical and economic condition of the pastures

Шифр класса	Всего, га	В том числе по культуртехническому состоянию							
		культурные пастбища	природные пастбища	покрытые кочками		заросшие кустарником		заросшие лесом	
				средне	сильно	средне	сильно	средне	сильно
Подкласс Л-Ив	327,1	-	89,0	-	-	-	-	-	-
Подкласс Л-Иг	326,4	21,4	146,1	-	-	-	-	-	-
Итого:	653,5	21,4	235,1	-	-	-	-	-	-
Подкласс Л-2а	39,4	-	39,4	-	-	-	-	-	-
Подкласс Л-2б	145,9	57,0	64,7	13,7	-	-	-	-	-
Итого:	185,3	57,0	104,1	13,7	-	-	-	-	-
Подкласс Л-5а	279,2	73,1	33,6	33,6	-	-	-	-	-
Итого:	279,2	73,1	33,6	33,6	-	-	-	-	-
Всего:	1118,0	151,5	372,8	47,3	-	-	-	-	-

Окончание табл. 1

Шифр класса	В том числе по культуртехническому состоянию										
	покрытые пнями		омохо- велье	сбитые		засоренные				распах- ан-ные	сенокос- сопригод- ные
	умерен- но	сильн о				непоедаемыми растениями		ядовитыми растениями	вредными расте- ниями		
						слабо	сильно				
Подкласс Л-Ив	-	-	-	-	-	-	-	-	-	238,1	238,1
Подкласс Л-Иг	-	-	-	-	-	-	52,7	-	-	106,2	273,7
Итого:	-	-	-	-	-	-	52,7	-	-	344,3	511,8
Подкласс Л-2а	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39,4
Подкласс Л-2б	-	-	-	-	-	-	3,0	-	-	7,5	64,7
Итого:	-	-	-	-	-	-	3,0	-	-	7,5	104,1
Подкласс Л-5а	-	-	-	-	-	65,9	44,8	-	-	28,2	73,1
Итого:	-	-	-	-	-	65,9	44,8	-	-	28,2	73,1
Всего:	-	-	-	-	-	65,9	100,5	-	-	380,0	689,0

Таблица 2. Культуртехническое и хозяйственное состояние сенокосов
Table 2. Cultural-technical and economic situation of hayfields

Шифр класса	Всего, га	В том числе							
		Культурные сенокосы	Естественные сенокосы	закустаренные		залесенные		закочкаренные	
				умеренно	активно	умеренно	активно	умерен-но	активно
Подкласс Л-Ив	21,8	6,3	7,9	7,6	-	-	-	-	-
Подкласс Л-Иг	148,1	14,4	37,2	1,4	-	-	-	-	-
Итого:	169,9	20,7	45,1	9,0	-	-	-	-	-
Подкласс Л-2а	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-
одкласс Л-2б	204,4	30,3	-	-	-	-	-	1,5	0,4
Итого:	208,0	30,3	-	-	-	-	-	1,5	0,4
Подкласс Л-5а	206,4	35,5	6,5	-	-	-	-	13,8	-
Подкласс Л-5б	96,5	-	-	-	-	-	-	55,1	-
Итого:	302,9	35,5	6,5	-	-	-	-	68,9	-
Всего:	680,8	86,5	51,6	9,0	-	-	-	70,4	0,4

Окончание табл. 2

Шифр класса	В том числе:						Распаханные	Механизи- рованная уборка
	зака- мененные	омоховелые	засоренные					
			грубыми и непоед. раст.		вредными	ядовитыми		
			умеренно (до 30%)	сильно (более 30%)				
Подкласс Л-Ив	-	-	-	-	-	-	6,3	
Подкласс Л-Иг	-	-	-	16,1	-	-	79,0	
Итого:	-	-	-	16,1	-	-	126,2	
Подкласс Л-2а	-	-	-	3,6	-	-	3,6	
Подкласс Л-2б	-	-	16,1	33,0	-	-	123,1	
Итого:	-	-	16,1	36,6	-	-	197,5	
Подкласс Л-5а	-	-	8,3	130,9	-	-	11,4	
Подкласс Л-5б	-	-	-	41,4	-	-	96,5	
Итого:	-	-	8,3	172,3	-	-	291,6	
Всего:	-	-	24,4	225,0	-	-	213,5	

В зависимости от типа луга, его культуртехнического состояния и характеристики почвы выбирают наименее энергоресурсоёмкие технологии улучшения (табл. 3). С учетом типологического состава, культуртехнического состояния, мелиоративной подготовленности земель и охраны этих угодий разработаны следующие мероприятия по поверхностному улучшению:

1) На пойменных или низинных лугах, незасоренных, с наличием в травостое ценных видов трав, таких как лисохвост луговой, кострец безостый, эффективным приемом является поверхностное внесение удобрений. При этом стимулируется роль виолентов, происходит быстрое переформирование ботанического состава луга и обеспечение доминирования ценных видов, в результате чего не только реализуется потенциал продуктивности фитоценоза, но и заметно снижается коэффициент вариации (колебание урожайности) по годам пользования.

Доза удобрений на злаковом травостое одноукосного использования составляет $N_{60-90}P_{30}K_{60}$, при двух укосах – $N_{120-180}P_{60}K_{120}$; на злаковых пастбищах (культурных) - $N_{180-240}P_{60}K_{120}$; на бобово-злаковых сенокосах и пастбищах при наличии в травостое более 40 % бобовых трав вносят только фосфорно-калийные удобрения в количестве $P_{60}K_{100-150}$.

Содержание в корме нитратов допустимой концентрации (ПДК 200 мг/кг зеленой массы) гарантируется при равномерном внесении разовой дозы N_{60} на пастбищах в фазу кущения – выхода в трубку и N_{90} на сенокосах.

На луговых злаковых травостоях в качестве подкормки можно применять жидкий навоз и навозные стоки. Определяют дозу их внесения с учетом концентрации азота в стоках, на сенокосах и пастбищах из расчета 120-240 кг/га потребности трав в азоте, на тяжелых почвах лучше вносить осенью, легких – во время вегетации.

2) На пойменных и низинных лугах при наличии корневищных злаков (кострец безостый, пырей, лисохвост, мятлики) эффективно проводить омоложение травостоя посредством обработки фрезой или дисковыми орудиями с последующим внесением полного минерального удобрения $N_{60-90}P_{30}K_{60}$.

Разнотравно-злаковые травостои, засоренные малоценными и неподаемыми видами, при наличии ценных злаков в угнетенном состоянии следует улучшать путем сочетания обработки их гербицидом диааленом (3 л/га) с внесением минеральных удобрений.

3) На изреженных травостоях при невысокой плотности побегов эффективным способом улучшения является подсев трав (табл. 4). Для формирования злакового травостоя подсевают ежу сборную или овсяницу луговую, или кострец безостый по полной норме высева, или смесь из этих трав, а также вносят минеральные удобрения.

При этом предпочтение отдается фосфорно-калийным удобрениям. Подсев бобовых трав в дернину является дорогостоящим, но эффективным: затраты совокупной энергии повышаются с 13,2 до 18,5 ГДж (на 40%), в то время как коэффициент энергетической эффективности производства кормов увеличивается в 4 раза.

4) Подсев трав осуществляют в начале весны или после раннего скашивания или стравливания. В плотные луговые травостои его проводить нецелесообразно из-за плохой приживаемости всходов.

Таблица 3. Приемы поверхностного улучшения природных сенокосов и пастбищ
 Table 3. Methods of surface improvement of natural hayfields and pastures

Тип луга	Характеристика травостоя	Способ улучшения	Основные операции
Пойменные и низинные	Ценного состава, засоренный	Удобрение	Поверхностная подкормка твердыми минеральными удобрениями, внутрисочвенное внесение безводного аммиака
	Ценного состава, незасоренный с корневищными злаками	Омоложение	Фрезерование в один след (или дискование в два-три следа) + удобрение NPK
	Засоренный разнотравьем	Уничтожение сорняков	Обработка гербицидом диаленом (на сильно засоренных – два раза) + удобрение NPK
	Изреженный	Подсев трав	Подсев бобовых (8-12 кг/га) + удобрение РК Подсев злаков по полной норме + удобрение NPK
Суходольные	Ценного состава	Удобрение	Внутрисочвенное внесение жидких органических удобрений
	Засоренный разнотравьем	Уничтожение сорняков	Обработка гербицидами диален + удобрение NPK
Низинные, пойменные низкого уровня	Ценного состава	Улучшение водно-воздушного режима дернины	Нарезка щелей глубиной до 20-25 см (на расстоянии 50-100 см) и кротодерн диаметром 8-16 см
Суходольные временного избыточного увлажнения	Ценного состава	Щелевание и удобрение	Нарезка щелей глубиной 20-25 см (на расстоянии 35-40 см), сплошное поверхностное внедрение твердых минеральных удобрений
	Изреженный	Щелевание, удобрение и подсев	То же + клевер
Угодья с порослью кустарника	Ценного состава	Срезка поросли кустарника	Срезание поросли кустарника на уровне поверхности почвы без нарушения дернины

Таблица 4. Потребность в семенах многолетних трав для поверхностного улучшения кормовых угодий
 Table 4. The need for seeds of perennial grasses for surface improvement of grasslands

Подклассы кормовых угодий	Площадь, га	Нормы высева, кг/га										
		Клевер розовый	Тимофеевка луговая	Мятлик болотный	Лисохвост луговой	Канареечник тростниковый	Клевер красный	Овсяница луговая	Костер безостый	Клевер ползучий	Райграс пастбищный	Мятлик луговой
Сенокосы												
Л-Ів	4,8	3	5	-	-	-	3	7	-	-	-	5
Л-5а	9,0	3	2	2	0,4	0,4	2	-	-	-	-	-
Пастбища												
Л-5а	8,5	2	4	-	4	-	-	6	-	3	-	2
Итого:	22,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Окончание табл. 4

Подклассы кормовых угодий	Площадь, га	Потребность, ц/га										
		Клевер розовый	Тимофеевка луговая	Мятлик болотный	Лисохвост луговой	Канареечник тростниковый	Клевер красный	Овсяница луговая	Костер безостый	Клевер ползучий	Райграс пастбищный	Мятлик луговой
Сенокосы												
Л-Ів	4,8	0,1	0,2	-	-	-	0,1	0,3	-	-	-	-
Л-5а	9,0	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	-	-	-	-	-
Пастбища												
Л-5а	8,5	0,2	0,3	-	0,3	-	-	0,5	-	0,2	-	0,2
Итого:	22,3	0,6	0,7	0,2	0,7	0,4	0,3	0,8	-	0,2	-	0,2

5) Боронование тяжелыми дисковыми боронами проводится на лугах с появлением земляных кочек. После двух-трех проходов дисковых борон выполняют прикатывание и подсев с последующими подкормками минеральными удобрениями.

На плотных травостоях боронование не дает эффекта и часто снижает урожайность. В конце пастбищного периода проводится разравнивание экскрементов скота лугопастбищной бороной.

ВЫВОДЫ

Оценка культуртехнического состояния ПКУ показала, что практически все его составляющие: закустаренность, залесенность, засоренность неподаемыми растениями присутствуют в выявленных классах угодий сенокосного и пастбищного назначения.

Отсутствие территорий, не подверженных омохovelости, сбою, заселенности ядовитыми и вредными травами, позволяет сделать положительный прогноз восстановления продуктивных травостоев.

Изменение ботанического состава ПКУ и внедрение видов низкого кормового потенциала следует рассматривать как экзо- и эндодинамические сукцессии, отражающие неустойчивость природных фитоценозов, как высвобождение экологических ниш при выпадении ценных кормовых трав (снижение популяционной активности доминантов).

Мероприятия по поверхностному улучшению кормовых угодий разработаны с учетом типологического состава, культуртехнического состояния, мелиоративной подготовленности почв и охраны ПКУ. Поверхностное улучшение пастбищ заключается в регулировании водного режима (поддержании влажности почв на уровне не более 80-85 % от показателя полной влагоемкости (ППВ)), омоложении травостоя, подсеве ценных культурных видов, своевременном регулярном подкашивании остатков травостоя после стравливания, внесении удобрений на тех типах почв, где необходимо.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шпаков, А. С. Средообразующая роль многолетних трав в Нечерноземной зоне / А. С. Шпаков // Кормопроизводство. – 2014. – № 9. – С. 12-17.
2. Нестерова, Ю. А. Экологическая характеристика луговых растений Калининградской области / Ю. А. Нестерова, О. М. Бедарева // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – Вып.1: Сер. Естественные науки. – Калининград, 2013. – С. 130-136.
3. Connel, J. A. The ecological regulation of species diversity / J. A. Connel, E. Orias // American Naturalist. – 1964. – Vol. 98. – P. 399-414.
4. Климат Калининградской области / Е. Е. Федоров [и др.] // Почвы Калининградской области. – Москва: Изд-во АН СССР, 1974. – С. 159-174.
5. Инвентаризация и оценка урожайности кормовых угодий северо-восточной части Гурьевского района Калининградской области / О. М. Бедарева [и др.] // Известия КГТУ. – 2016. - № 43. – С. 186-195.

6. Петрук, В. А. Продуктивность улучшенных естественных пастбищ Кулунды / В. А. Петрук // Кормопроизводство. – 2016. - № 8. – С. 22-25.
7. Бедарева, О. М. Сезонная продуктивность и характер использования основных типов пастбищ Южного Прибалхашья / О. М. Бедарева // Вестник Саратовского аграрного университета им. Н. И. Вавилова. – 2008. - № 5. – С. 8-10.
8. Терещенко, С. А. Экологические условия формирования урожайности пойменных лугов реки Деймы Калининградской области / С. А. Терещенко, О. М. Бедарева. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ». - 2015. – 164 с.
9. Бедарева, О. М. Антропогенная трансформация и интенсивность использования пастбищных экосистем Южного Прибалхашья / О. М. Бедарева // Кормопроизводство. - 2007. - № 10 - С. 5-7с.
10. Dabrowska-Prot, E. Structural and functional characteristics of biocenoses in industrial regions exemplified by surroundings of the Town of Knurów (Upper Silesia) / E. Dabrowska-Prot / Pol. Ecol. Stud. (PRL.). – 1982 (1983). – Vol. 8. 3-4. – P. 259-288.
11. Leps, J. J. Community stability, complexity and species life history strategies, Vegetatio / J. J. Leps, Osbornova - Kasinova, M. Reimanek. – 1982. – Vol. 50. – № 1. – P. 53-63.

REFERENCES

1. Shpakov A. S. Sredoobrazuyushchaya rol' mnogoletnikh trav v Nechernozemnoy zone [Environmental-forming role of perennial grasses in the Nonchernozomyom belt]. *Kormoproizvodstvo*, 2014, no. 9, pp. 12-17.
2. Nesterova Yu. A., Bedareva O. M. Ekologicheskaya kharakteristika lugovykh rasteniy Kaliningradskoy oblasti [Ecological characteristics of the meadow plants in the Kaliningrad region]. *Vestnik Baltiyskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*. Vyp. 1: Ser. Estestvennye nauki. Kaliningrad, 2013, pp. 130-136.
3. Connel J. A., Orias E. The ecological regulation of species diversity. *American Naturalist*. 1964, vol. 98, pp. 399-414.
4. Fedorov E. E. Klimat Kaliningradskoy oblasti [Climate of the Kaliningrad region]. *Pochvy Kaliningradskoy oblasti* [Soils of the Kaliningrad region]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1974, pp. 159-174.
5. Bedareva O. M. i dr. Inventarizatsiya i otsenka urozhaynosti kormovykh ugodiy severo-vostochnoy chasti Gur'evskogo rayona Kaliningradskoy oblasti [Inventory procedures and evaluation of the yield of the feeding grounds in the North-Eastern part of the Gurievsk district of the Kaliningrad region]. *Izvestiya KGTU*, 2016, no. 43, pp. 186-195.
6. Petruk V. A. Produktivnost' uluchshennykh estestvennykh pastbishch Kulundy [Productivity of the improved natural grasslands of Kulunda]. *Kormoproizvodstvo*, 2016, no. 8, pp. 22-25.
7. Bedareva O. M. Sezonnaya produktivnost' i kharakter ispol'zovaniya osnovnykh tipov pastbishch Yuzhnogo Pribalkhash'ya [Seasonal productivity and usage of main grasslands of the South Balkhash region]. *Vestnik Saratovskogo agrarnogo universiteta im. N. I. Vavilova*, 2008, no. 5, pp. 8-10.
8. Tereshchenko S. A., Bedareva O. M. *Ekologicheskie usloviya formirovaniya urozhaynosti poymennykh lugov reki Deymy Kaliningradskoy oblasti* [Environmental conditions of facilitation yielding capacity of the bottomland meadows of the Deima

river in the Kaliningrad region]. Kaliningrad, izdatel'stvo FGBOU VPO "KGTU", 2015, 164 p.

9. Bedareva O. M. Antropogennaya transformatsiya i intensivnost' ispol'zovaniya pastbishchnykh ekosistem Yuzhnogo Pribalkhash'ya [Anthropogenic transformation and intensity of the use of pasture ecosystems in the South Balkhash region]. *Kormoproizvodstvo*, 2007, no. 10, pp. 5-7.

10. Dabrowska-Prot E. Structural and functional characteristics of biocenoses in industrial regions exemplified by surroundings of the Town of Knurów (Upper Silesia). *Pol. Ecol. Stud. (PRL.)*. 1982 (1983), vol. 8, no. 3-4, pp. 259-288.

11. Leps J. J., Osbornova-Kasinova M. Community stability, complexity and species life history strategies, *Vegetatio. Reimanek*. 1982, vol. 50, no. 1, pp. 53-63.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бедарева Ольга Михайловна – Калининградский государственный технический университет; доктор биологических наук, доцент, зав. кафедрой агропочвоведения и агроэкологии; E-mail: olgabedareva@mail.ru

Bedareva Olga Mikhajlovna – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Biological Science, Assistant Professor, Head of the department of agropedology and agroecology; E-mail: olgabedareva@mail.ru

Троян Татьяна Николаевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент; E-mail: p-tanik@mail.ru

Troyan Tatyana Nikolaevna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biological Sciences, Associate Professor; E-mail: p-tanik@mail.ru

Мурачёва Любовь Семёновна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент; E-mail: uracheva.l@yandex.ru

Murachyova Lyubov Semyonovna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biological Sciences, Associate Professor; E-mail: muracheva.l@yandex.ru

Федюнина Оксана Павловна – Калининградский государственный технический университет; аспирантка кафедры агропочвоведения и агроэкологии

Fedyunina Oksana Pavlovna – Kaliningrad State Technical University; Postgraduate student of the department of agropedology and agroecology

Горшнина Галина Владимировна – Калининградский государственный технический университет; аспирантка кафедры агропочвоведения и агроэкологии

Garshinina Galina Vladimirovna – Kaliningrad State Technical University; Postgraduate student of the department of agropedology and agroecology

Волкова Ирина Алексеевна – Калининградский государственный технический университет; аспирантка кафедры агропочвоведения и агроэкологии

Volkova Irina Alexseevna – Kaliningrad State Technical University; Postgraduate student of the department of agropedology and agroecology

СУДОСТРОЕНИЕ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

УДК 69.04 (07) (624)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ВАНТ С РАЗНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ

Э. Р. Кужахметова

COMPARATIVE ANALYSIS OF GUYS WITH DIFFERENT GEOMETRIC
CHARACTERISTICS IN VERTICAL LOADING

E. R. Kuzhakhmetova

В статье рассмотрены результаты численных расчетов деформаций, а также опорных реакций вант с учетом величины начального провисания и взаимного расположения точек закрепления. Расчеты выполнены с помощью программного комплекса (ПК) FEMAP / NX NASTRAN с учетом геометрической нелинейности деформирования.

Цель исследования - сравнить ванты с разной геометрической характеристикой, которые используются в общественных и производственных большепролетных зданиях и сооружениях разного назначения с разнообразной архитектурной и конструктивной формой покрытия. Численное исследование применяется для определения оптимальных параметров вантовых и опорных конструкций.

Широкое распространение вантовых конструкций обеспечивается возможностью применения современных высокопрочных материалов с относительно низким модулем упругости, характерным для стальных канатов одинарной и двойной свивки, которые не используют в других несущих конструкциях.

Вант работает только на растяжение. Основным его достоинством является использование всей площади сечения стального каната, что в случае выбора оптимальных характеристик обеспечивает существенную экономию материала конструкции. При устройстве и монтаже вант не требуются леса и дополнительные подмости, что облегчает и упрощает возведение покрытия большепролетных зданий и сооружений, снижает экономические издержки.

Однако повышенная деформативность вантовой системы вызывает существенное изменение ее начальных геометрических параметров, что является недостатком вантовой конструкции. Данную проблему можно решить на основании предварительного численного исследования, обеспечив требуемую жесткость самой вантовой системы.

Рассмотрены расчетные случаи, когда точки закрепления вант находятся на одной высоте либо на разных высотах, проанализировано влияние величины начального провисания вант. Результаты расчетов показали, что геометрия вант оказывает существенное влияние на распределение его внутренних усилий, а также на величины реакций в опорных конструкциях.

вант, гибкая нить, вантовое покрытие, вантовая система, трос, стальной канат, вантовая конструкция

In the article considers the results of numerical calculation of deformations, as well as supporting reactions of the guy with consideration of the initial sag and the mutual location of fixation points. The calculations have been performed using the FEMAP / NX NASTRAN software package (PC), taking into account the geometric nonlinearity of the deformation.

The aim of the study is to compare the guys with different geometric characteristics used in public and industrial large-span buildings and structures for different purposes with a diverse architectural and constructive form of coverage. Numerical investigation is used to determine the optimal parameters of cable and support structures.

Wide distribution of cable-stayed structures is ensured by the possibility of using modern high-strength materials with a relatively low modulus of elasticity, characteristic for single and double-wire steel ropes that are not used in other load-bearing structures.

The guy works only in stretching. Its main advantage is the use of the entire cross-sectional area of the steel rope, which, in the case of selecting the optimum characteristics, provides substantial savings in the material of the structure. When installing and assembling the guys, there is no need for staging and additional scaffolding, which facilitates and simplifies erection of the roof of large-span buildings and structures, and reduces economic costs.

However, the increased deformation of the cable system causes a significant change in its initial geometric parameters, which is a drawback of the cable-stayed structure. This problem can be solved on the basis of a preliminary numerical investigation, ensuring the required rigidity of the cable system itself.

Considered are the cases where the fixing points of the guys are at the same height or at different heights, the effect of the initial sagging value of the guy is analyzed. The results of calculations showed that the geometry of the guys exerts a significant influence on distribution of its internal forces, as well as on the magnitude of reactions in supporting structures.

guy, flexible thread, steel cable roof, cable system, cable, steel cable, cable-stayed structure

ВВЕДЕНИЕ

Вантовые конструкции находят широкое применение в технике, в частности в судостроении, гражданском строительстве, мостостроении [1, 2]. Использование их в покрытии зданий и сооружений создает неповторимый архитектурный образ и является экономически эффективным. Достоинство вантовых покрытий в удобстве монтажа (не требует строительства лесов) и высокой технологичности. В качестве несущих конструктивных элементов в них используются, как правило, пучки высокопрочной проволоки и канатов [3]. Отсутствие в висячих конструкциях сжимающих усилий обеспечивает повышенную огнестойкость всего покрытия. Вантовые покрытия широко применяют в спортивных комплексах [4], кинотеатрах, закрытых и частично открытых стадионах, торговых центрах, аэровокзалах и др. [5].

Характерная особенность ванта связана со значительным изменением начальных очертаний при воздействии внешних нагрузок: постоянных, ветровых,

снеговых, температурных и гололедных [6]. Величина деформаций ванты переводит задачу его расчета в разряд геометрически нелинейных. В расчете важно оценить реакции опор ванты, которые зависят от величины начального провисания ванты и расположения точек опирания. Компоненты опорных реакций необходимы для конструирования опор вантовых систем, а также для расчета характеристик напряженно-деформированного состояния и устойчивости смежных конструкций. В расчетах вант использован программный комплекс (ПК) FEMAP / NX NASTRAN.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для исследования выбраны ванты с пролетом $L = 60$ (м) и шарнирным опиранием. Опоры расположены на одинаковой высоте либо на разных высотах. Шаг параллельных вант по опорному контуру принят равным $a = 2$ (м). Материал вант – стальной канат двойной свивки с модулем упругости $E=1,47 \times 10^5$ (МПа) (табл. Г.10 [7]), коэффициентом поперечной деформации (Пуассона) $\nu = 0,3$ (табл. Г.10 [7]). Внешняя вертикальная равномерно распределенная нагрузка на все ванты $q = 10000$ (Н/м) = 1000 (кг/м).

Расчетная нагрузка состоит из собственного веса плит покрытий, состава кровли по СП 17.13330.2011 с учетом жесткого утеплителя, снеговой нагрузки, но без учета собственного веса стального каната (ванты) $q^{\text{вант}}$. Комбинация нагружения представлена суммой указанных нагрузок $q+q^{\text{вант}}$.

Вначале рассмотрим вант пролетом $L = 60$ (м) на опорах, расположенных на одинаковой высоте (рис. 1), но с разной стрелой провисания. Сечение стального каната определяется по силе натяжения T .

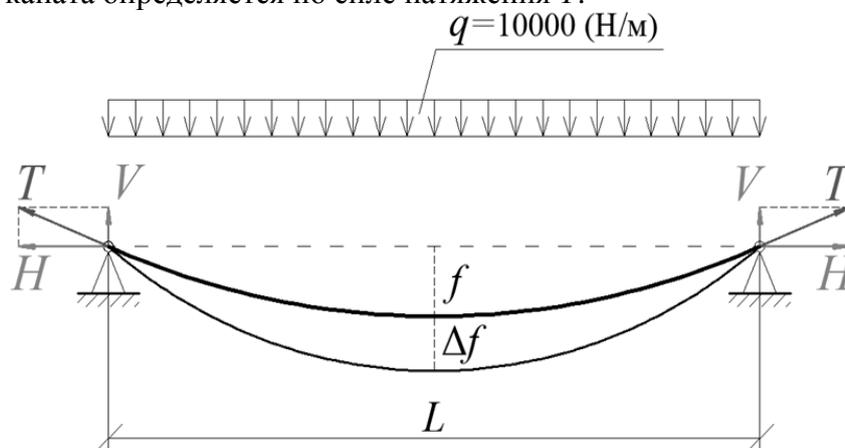


Рис. 1. Вант на одноуровневых опорах:

L – пролет, м; f – провисание (стрела провеса), м; Δf – прогиб (перемещение) ванты, м; q – равномерно распределенная нагрузка, Н/м; V – вертикальная составляющая опорной реакции, Н; T – сила натяжения (опорная сила), Н; H – горизонтальная составляющая опорной реакции, Н

Fig. 1. A guy on one-level supports:

L - span, m; f - sagging (sagging arrow), m; Δf - deflection (movement) of the guy, m; q - uniformly distributed load, N / m; V - the vertical component of the reference reaction, Н; T - tension force (reference force), Н; H - horizontal component of the reference reaction, Н

Стрела провисания f принимается в интервале $(1/10-1/25)L$ [8]. С ее уменьшением существенно возрастают горизонтальные усилия H , следовательно, и силы натяжения T в вантах и в опорном контуре, что, в свою очередь, приводит к увеличению сечений стального каната и опорного контура. При этом из-за уменьшения длины стального каната незначительно уменьшается и вертикальная сила V .

Большой размер провисания $(1/10)L$ вантового покрытия уменьшает полезный объем здания, но при этом существенно снижает расход материалов на покрытие, а также издержки на систему отопления, кондиционирования и на эксплуатацию всего здания. При этом повышается класс энергоэффективности здания, что является немаловажным фактором.

Расчеты вант пролетом $L = 60$ (м) на равноуровневых опорах с внешней вертикальной равномерно распределенной нагрузкой по всей длине ванта $q = 10000$ (Н/м) при разных стрелах провисания ($f=1/25L=2,4$ м; $f=1/15L=4,0$ м; $f=1/10L=6,0$ м) выполнены в ПК FEMAP/NX NASTRAN [9, 10]. Их результаты приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Реакции опор вант с разными стрелами провисания и опорами, расположенными на одинаковой высоте

Table 1. Reactions of the supports of the guys with different sagging arrows and the same height supports

Наг- рузка q , Н/м	Реакции опор (Н) вант пролетом $L=60$ м при стрелах провисания:								
	$f=1/25L=2,4$ м			$f=1/15L=4,0$ м			$f=1/10L=6,0$ м		
	Радиус ванта 0,075 м			Радиус ванта 0,048 м			Радиус ванта 0,035 м		
	H	V	T	H	V	T	H	V	T
1000	186087	30129	188510	112379	30355	116407	75393	30794	81439
2000	369116	60256	374002	223729	60711	231819	150365	61588	162489
3000	549276	90382	556662	334073	91062	346261	224931	92379	243162
4000	726751	120511	736674	443463	121415	459784	299103	123172	323472
5000	901684	150642	914181	551935	151772	572423	372891	153968	403428
6000	1074159	180766	1089263	695500	182127	684186	446298	184764	483032
7000	1244372	210899	1262117	766185	212480	795102	519320	215554	562278
8000	1412377	241027	1432795	872027	242834	905207	591984	246351	641197
9000	1578266	271150	1601388	977054	273192	1014529	664283	277144	719778
10000	1742145	301271	1768002	1081259	303542	1123058	736222	307937	798028

При определении сечения вант по первой группе предельных состояний (по несущей способности) расчет производится по максимальному опорному усилию T и дополнительно проверяется по второй группе предельного состояния (по деформации). При этом предельный прогиб $[f]$ составляет $[f]=(1/300)L=(1/300)60=0,2$ м. Поэтому сечение вант подбирается по второй группе состояний:

- 1) при стреле провеса $f=1/25L=2,4$ м – радиус стального каната 0,075 м;
- 2) при стреле провеса $f=1/15L=4,0$ м – радиус стального каната 0,048 м;
- 3) при стреле провеса $f=1/10L=6,0$ м – радиус стального каната 0,035 м.

Таблица 2. Расчетные прогибы вант с разными стрелами провисания и опорами, расположенными на одинаковой высоте

Table 2. Deflections of the guys with different sagging arrows and the same height supports

Нагрузка q , Н/м	Расчетные прогибы Δf (м) вант с пролетом $L = 60$ м при стрелах провеса:		
	$f=1/25L=2,4$ м	$f=1/15L=4,0$ м	$f=1/10L=6,0$ м
	Радиус ванта 0,075м	Радиус ванта 0,048м	Радиус ванта 0,035м
1	2	3	4
1000	0,0220	0,0269	0,0462
2000	0,0421	0,0456	0,0631
3000	0,0617	0,0638	0,0794
4000	0,0807	0,0816	0,0954
5000	0,0993	0,0992	0,1110
6000	0,1170	0,1170	0,1270
7000	0,1350	0,1340	0,1430
8000	0,1530	0,1510	0,1580
9000	0,1700	0,1670	0,1740
10000	0,1870	0,1840	0,1890

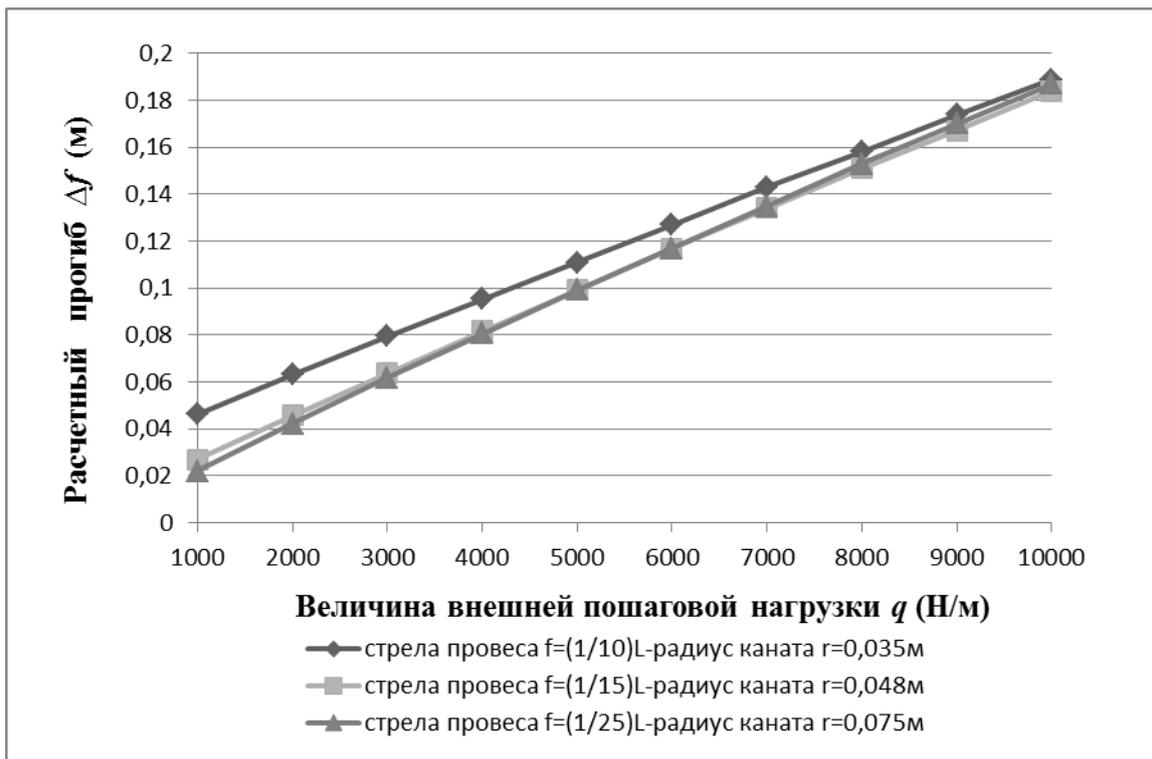


Рис. 2. График изменения расчетного прогиба вант Δf (м) в зависимости от величины внешней пошаговой нагрузки q (Н/м)

Fig. 2. Graph of the variation of the calculated deflection of the cable Δf (m) from the value of the external stepping load q (N/m)

На рис. 2 приведен график изменения расчетного прогиба вант Δf с разным провисанием f относительно пошаговой внешней нагрузки q . С увеличением стрелы провисания зависимость приближается к линейной, а с ее уменьшением нелинейность увеличивается, несмотря на то, что площадь стальных канатов увеличивается.

В вантовых покрытиях возникают большие кинематические перемещения, что является их особенностью. Уменьшить перемещения можно, увеличив сечение вант, изменив материал на более высокопрочный, т.е. применив марку стали с большим расчетным сопротивлением R , а также уменьшив нагрузку, т.е. облепив кровлю.

Жесткость вантового покрытия обеспечивается не только расположением и креплением самих вант (параллельное, радиальное, перекрестное и др.), но и составом кровли. При тяжелой кровле с устройством железобетонных плит на тяжелом бетоне и жестком утеплителе вантового покрытия при ветровом воздействии (отсосе ветра) «поднятия» не возникает. Жесткое покрытие работает как единая конструкция в виде монолитной оболочки, чего нельзя сказать об облегченных вантовых покрытиях. При большой поверхности парусность покрытия возрастает и, следовательно, порыв ветра пытается «оторвать» покрытие от опорной конструкции, установленной на колонны или стены здания. В указанном случае возникает необходимость использовать дополнительную жесткость, например, устраивать стабилизирующие ванты, создающие второй уровень в вантовом покрытии.

Сравним ванты пролетом $L=60$ м, у которых опоры располагаются на разных высотах $h=2,5$ м и $h=5,0$ м (рис. 3) и при разных стрелах провисания: $f=1/25L=2,4$ м; $f=1/15L=4,0$ м; $f=1/10L=6,0$ м.

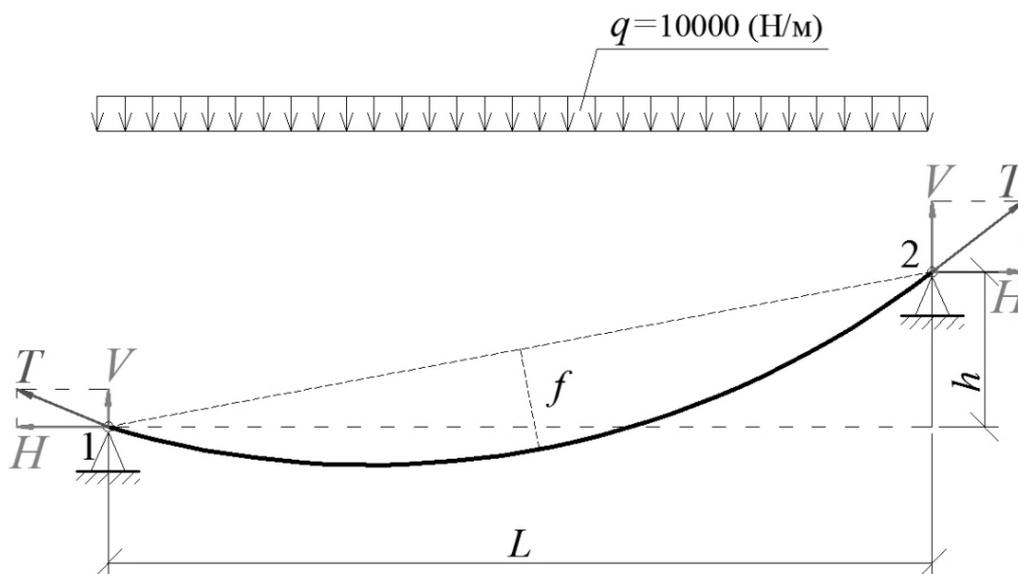


Рис. 3. Вант с разными опорами по высоте h
 Fig. 3. The guy with supports of different heights h

Результаты расчетов вант пролетом с $L = 60$ (м) на разных по высоте опорах (рис. 3) при разных стрелах провисания: $f=1/25L=2,4$ м; $f=1/15L=4,0$ м; $f=1/10L=6,0$ м выполнены в ПК FEMAP/NX NASTRAN и приведены в табл. 3 – 6.

Таблица 3. Реакции опор вант со стрелой провисания $f=1/25L$ при опорах с высотами $h = 2,5$ и 5 м

Table 3. Reaction of the support of the guy with a sag arrow $f = 1/25L$ for supports with different heights $h = 2,5$ and 5m

Нагрузка q , Н/м	Реакции опор (кН) вант радиусом 0,075 м с пролетом $L= 60$ м, стрелой провисания $f=1/25L=2,4$ м при высоте опор:									
	$h=2,5$ м					при $h=5,0$ м				
	H	$V1$	$V2$	$T1$	$T2$	H	$V1$	$V2$	$T1$	$T2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,1	178,7	22,6	37,7	180,1	182,6	178,21	15,2	45,2	178,8	183,8
0,2	354,8	45,4	75,2	357,7	362,7	353,83	30,7	90,2	355,1	365,1
0,3	528,4	68,3	112,7	532,8	540,3	526,9	46,4	135,0	529,	544,0
0,4	699,6	91,2	150,1	705,6	715,6	697,8	62,2	179,7	700,5	720,5
0,5	868,7	114,2	187,4	876,2	888,6	866,4	78,3	224,1	869,9	894,9
0,6	1035,6	137,4	224,6	1044,7	1059,7	1032,8	94,5	268,4	1037,1	1067,1
0,7	1200,5	160,6	261,7	1211,2	1228,7	1197,3	110,	312,5	1202,4	1237,4
0,8	1363,4	183,9	298,7	1375,8	1395,8	1359,8	127,5	356,4	1365,8	1405,8
0,9	1524,6	207,3	335,7	1538,6	1561,1	1520,5	144,2	400,2	1527,3	1572,3
1,0	1683,9	230,7	372,5	1699,6	1724,6	1679,4	161,0	443,9	1687,1	1737,0

Таблица 4. Реакции опор вант со стрелой провисания $f=1/15L$ при опорах с высотами $h = 2,5$ м и 5м

Table 4. Reaction of the support of the guy with a sag arrow $f = 1/15L$ for supports with different heights $h = 2,5$ m and 5m

Нагрузка q , Н/м	Реакции опор (кН) вант радиусом 0,048 м с пролетом $L = 60$ м, стрелой провисания $f=1/15 L=4,0$ м при высоте опор:									
	$h=2,5$ м					$h=5,0$ м				
	H	$V1$	$V2$	$T1$	$T2$	H	$V1$	$V2$	$T1$	$T2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,1	112,3	25,6	35,2	115,2	117,6	112,0	20,9	40,0	113,9	118,9
0,2	223,5	51,2	70,3	229,3	234,3	222,9	41,9	79,9	226,9	236,8
0,3	333,8	76,9	105,4	342,5	350,0	332,9	62,9	119,8	338,8	353,8
0,4	443,1	102,6	140,4	454,8	464,8	441,9	84,1	159,6	449,9	469,9
0,5	551,4	128,4	175,4	566,2	578,7	550,1	105,3	199,3	560,1	585,1
0,6	658,9	154,1	210,4	676,7	691,7	657,2	126,6	238,9	669,4	699,3
0,7	765,5	179,9	245,4	786,4	803,9	763,6	147,9	278,4	777,8	812,8
0,8	871,2	205,8	280,3	895,2	915,2	869,1	169,4	317,9	885,5	925,4
0,9	976,2	231,7	315,1	1003,3	1025,8	973,8	190,9	357,3	992,3	1037,3
1,0	1080,3	257,6	349,9	1110,6	1135,6	1077,6	212,5	396,7	1098,4	1148,3

Таблица 5. Реакции опор вант со стрелой провисания $f=1/10L$ при опорах с высотами $h = 2,5$ м и 5 м

Table 5. Reaction of the support of the guy with a sag arrow $f = 1/10L$ for supports with different heights $h = 2,5$ m and 5 m

Нагрузка q , Н/м	Реакции опор (кН) вант радиусом 0,035 м с пролетом $L = 60$ м, стрелой провисания $f=1/15 L=4,0$ м при высоте опор:									
	$h=2,5$ м					$h=5,0$ м				
	H	$V1$	$V2$	$T1$	$T2$	H	$V1$	$V2$	$T1$	$T2$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,1	75,3	27,5	34,1	80,2	82,7	75,1	24,3	37,5	78,9	83,9
0,2	150,2	55,0	68,2	160,0	165,0	149,8	48,6	74,9	157,5	167,5
0,3	224,7	82,6	102,3	239,4	246,9	224,1	73,0	11,2	235,7	250,8
0,4	298,8	110,2	136,4	318,5	328,5	298,1	97,4	149,8	313,6	333,6
0,5	372,6	137,7	170,4	397,2	409,7	371,6	121,8	187,1	391,1	416,1
0,6	445,9	165,3	204,5	475,6	490,5	444,8	146,3	224,5	468,2	498,2
0,7	518,9	192,9	238,5	553,6	571,1	517,6	170,8	261,8	545,0	579,9
0,8	591,5	220,6	272,5	631,3	651,2	589,9	195,3	299,0	621,7	661,4
0,9	663,2	248,2	306,5	708,6	731,1	662,0	219,9	336,2	697,6	742,5
1,0	735,6	275,9	340,5	785,6	810,6	733,7	244,5	373,5	773,4	823,3

Таблица 6. Расчетные прогибы вант с разными стрелами провисания

Table 6. Deflections of the guys with different sagging arrows

Нагрузка q , Н/м	Расчетные прогибы Δf (м) вант с пролетом $L = 60$ м при стрелах провисания:					
	$f=1/25L=2,5$ м		$f=1/15L=4,0$ м		$f=1/10L=6,0$ м	
	Радиус ванта 0,075 м		Радиус ванта 0,048 м		Радиус ванта 0,035 м	
	$h=2,5$ м	$h=5,0$ м	$h=2,5$ м	$h=5,0$ м	$h=2,5$ м	$h=5,0$ м
I	2	3	4	5	6	7
0,1	0,0214	0,0235	0,0297	0,0366	0,0515	0,0656
0,2	0,0400	0,0417	0,0479	0,0540	0,0680	0,0814
0,3	0,0580	0,0594	0,0657	0,0711	0,0844	0,0966
0,4	0,0757	0,0769	0,0834	0,0882	0,0998	0,1120
0,5	0,0930	0,0911	0,1010	0,1050	0,1150	0,1270
0,6	0,1100	0,1110	0,1180	0,1220	0,1310	0,1420
0,7	0,1270	0,1280	0,1350	0,1390	0,1460	0,1570
0,8	0,1430	0,1440	0,1520	0,1560	0,1620	0,1720
0,9	0,1590	0,1600	0,1690	0,1720	0,1770	0,1870
1,0	0,1750	0,1760	0,1850	0,1890	0,1920	0,2020

Анализ результатов расчетов реакций опор вант показывает, что разница между ними увеличивается с поднятием одной из опор и уменьшением стрелы провисания f . Саму опору целесообразно и экономически эффективно выполнять из материалов с большим расчетным сопротивлением, например, из высокопрочного металла, железобетона.

На графике (рис. 4) приводится нелинейная зависимость компонент опорной реакции R_i (горизонтальной H_i , вертикальной V_i и силы натяжения T_i) на шагах (i) изменения относительной нагрузки qi/q .

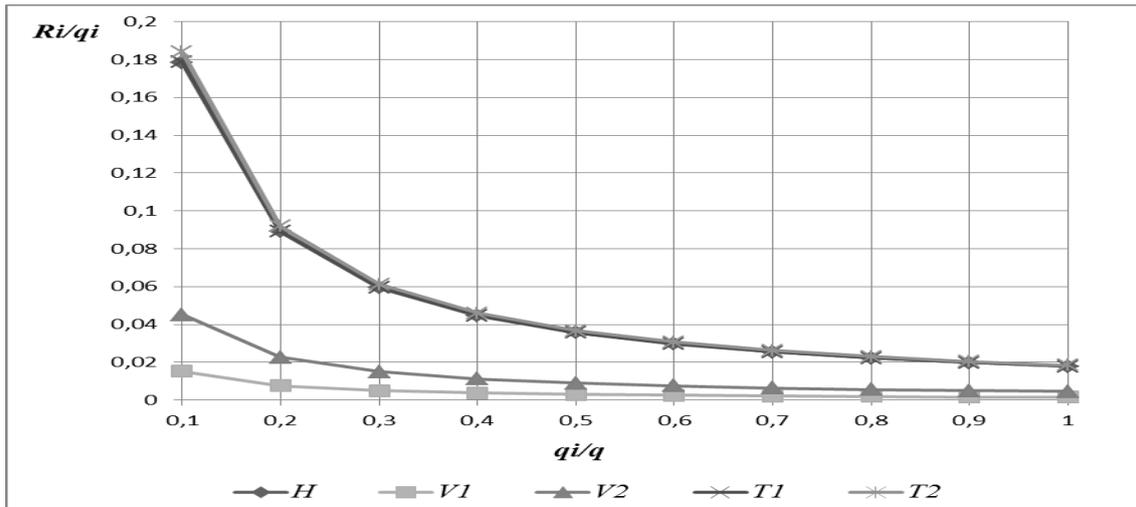


Рис . 4. График зависимости реакций опор $Ri = \{Hi, Vi, Ti\}^T$ от величины внешней нагрузки при высотах $h=2,5$ и 5 м

Fig. 4. Graph of the dependence of the responses of supports (H, V, T) on the value of external loads at a heights $h = 2,5$ and 5 m

ВЫВОДЫ

1. Геометрия вант оказывает существенное влияние на распределение его внутренних усилий, а также на величины реакций в опорных конструкциях.
2. Увеличенная жесткость вантового покрытия снижает деформативность вантовой конструкции и несущественно изменяет начальную геометрическую форму. Применение дополнительных конструктивных мероприятий, например, увеличение сечения несущего элемента – ванта или использование дополнительных стабилизирующих вант, создающих второй уровень в вантовом покрытии, приводит к прочности, надежности и долговечности покрытия и всего здания (сооружения).
3. Используя в большепролетных сооружениях ванты с большей стрелой провисания, можно уменьшить расход материалов как в опорных конструкциях, так и в самих вантах, а также снизить издержки на содержание всего здания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Podolny, W., Jr. and Scalzi, J. B. Construction and design of cable-stayed bridges. 2nd ed. Wiley, New York, 1986. - 227p.
2. Wai-Fah Chen, Lian Duan. Bridge engineering handbook. Superstructure desing. 2nd ed. Boca Ration London New York, Taylor Francis Group, 2010. - 736p.
3. Руководство по применению стальных канатов и анкерных устройств в конструкциях зданий и сооружений. - Москва: Стройиздат, 1978. - 94с.
4. Кужахметова, Э. Р. Архитектурная выразительность и физиологическая целесообразность зданий с криволинейными поверхностями / Э. Р. Кужахметова, А. И. Сапожников // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - Москва: ООО "Композит XXI век", 2012. - №11 (166). - С. 42-45.
5. Кирсанов, Н. М. Висячие и вантовые конструкции: учеб. пособие для вузов / Н. М. Кирсанов. - Москва: Стройиздат, 1981.-158. с., ил.

6. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. СНиП 2.01.07-85*.
7. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. СНиП II-23-81*.
8. Трущев, А. Г. Пространственные металлические конструкции: учеб. пособие для вузов / А. Г. Трущев. - Москва: Стройиздат, 1983. - 215 с., ил.
9. Рычков, С. П. MSC.visual NASTRAN для Windows / С. П. Рычков. - Москва: ИТ Пресс, 2004. - 552 с., ил. (Проектирование и моделирование).
10. Шимкович, Д. Г. Расчет конструкций в MSC / Д. Г. Шимкович. - Москва: ДМК Пресс, 2003. - 448 с., ил. (Серия «Проектирование»).

REFERENCES

1. Podolny W. Jr. and Scalzi J. B. Construction and design of cable-stayed bridges. 2nd ed. Wiley, New York, 1986, 227 p.
2. Wai-Fah Chen, Lian Duan. Bridge engineering handbook. Superstructure desing. 2nd ed. Boca Ration London New York, Taylor Francis Group, 2010, 736 p.
3. *Rukovodstvo po primeneniyu stal'nykh kanatov i ankernykh ustroystv v konstruksiyakh zdaniy i sooruzheniy* [Manual on the use of steel ropes and anchor devices in buildings and structures]. Moscow, Stroyizdat, 1978, 94 p.
4. Kuzhakhmetova E. R., Sapozhnikov A. I. Arkhitekturnaya vyrazitel'nost' i fiziologicheskaya tselesoobraznost' zdaniy s krivolineynymi poverkhnostyami [Architectural expressiveness and physiological expediency of buildings with curvilinear surfaces]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. Moscow, ООО "Kompozit XXI vek", 2012, no. 11 (166), pp. 42-45.
5. Kirsanov N. M. *Visyachie i vantovye konstruksii: Uchebnoe posobie dlya vuzov*. Moscow, Stroyizdat, 1981, 158 p.
6. *SP 20.13330.2011. Nagruzki i vozdeystviya. SNiP 2.01.07-85** [Loads and impacts. Updated version of SNiP 2.01.07-85*].
7. *SP 16.13330.2011. Stal'nye konstruksii. SNiP II-23-81** [Steel structures. Updated version of SNiP II-23-81*].
8. Trushchev A. G. *Prostranstvennye metallicheskie konstruksii: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Spatial metal constructions: student's book for universities]. Moscow, Stroyizdat, 1983, 215 p.
9. Rychkov S. P. *MSC. visual NASTRAN dlya Windows (Proektirovanie i modelirovanie)* [MSC. visual NASTRAN dlya Windows (Design and modeling)]. Moscow, NT Press, 2004, 552 p.
10. Shimkovich D. G. *Raschet konstruksiy v MSC. NASTRAN for Windows (Seriya «Proektirovanie»)* (Series "Designing")].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кужахметова Эльвира Рафаэлевна – Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта; аспирант кафедры машиноведения и технических систем;
E-mail: elja_09@bk.ru

Kuzhakhmetova Elvira Rafaelievna – Immanuel Kant Baltic Federal University;
Post-graduate student; Department of Engineering Science and Technical Systems;
E-mail: elja_09@bk.ru

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 519.22./25

РОЛЬ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ УСЛОВИЙ
СТАЦИОНАРНОСТИ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Т. А. Рыжкина, З. П. Старовойтова

THE ROLE OF ANALYTICAL FUNCTIONS IN DETERMINATION
OF STOCHASTIC PROCESS STATIONARITY TERMS

T. A. Ryzhkina, Z. P. Starovoytova

Использованы известные механизмы создания псевдослучайных последовательностей. На основании предельных теорем теории вероятностей методом композиции равномерно распределенные случайные числа R_i преобразуются в случайные величины z_k с одинаковыми числовыми характеристиками. При неограниченном увеличении k ($k \geq 12$) распределение z_k близко к нормальному распределению $N(0; 1)$. Сформированные числовые наборы имитируют временные ряды как реализации стохастического процесса. Цель – получение устойчивых авторегрессионных моделей с возможностью воспроизводства данных в условиях одного испытания. Текущее значение временного ряда выражается через конечную линейную совокупность предыдущих значений и случайные остатки. Стационарность в слабом смысле авторегрессионной модели связана с длиной входящего потока и свойствами авторегрессионного оператора. Этот линейный оператор действует на линейном многообразии, допускающем понятие сходимости. Множество сходящихся последовательностей коэффициентов автокорреляции по лагу составляет ядро автокорреляционного оператора. Образом ядра при отображении авторегрессионным оператором является нулевой элемент. Текущие значения устойчивого процесса аппроксимируются моделью на основе конечного числа предыдущих значений, входящих в сходящиеся последовательности. Случайные ошибки с элементами этого входного потока не коррелируют. Норма авторегрессионного оператора, действующая в комплексном пространстве, таким образом, равна нулю. Это приводит к исследованию характеристического уравнения модели. Ее устойчивость обеспечивается нахождением всех корней характеристического уравнения вне единичного круга. Проверка полученных моделей на устойчивость выполняется по принципу аргумента аналитической функции в замкнутом единичном круге и его следствию в виде теоремы Руше. Количество нулей аналитической функции внутри замкнутого контура без непосредственного их вычисления также может быть определено по данной теореме.

последовательность случайных чисел, имитационная модель, стационарность, авторегрессия, автокорреляция, оператор, характеристический полином, теорема Руше

The known mechanisms of creation of pseudo-random sequences are used. On the basis of limit theorems of the probability theory, using composition method uniformly distributed numbers of R_i are transformed in the identically distributed

numbers z_k . At an unlimited increase k ($k \geq 12$) z_k distribution approaches normal $N(0;1)$ distribution. The formed numerical sets imitated by temporal rows as realization of the stochastic process. The purpose of the article is to obtain steady autoregressive models with possibility of reproduction of experimental data in conditions of one test. The current value of the temporal row is expressed through the eventual linear aggregate of previous values and casual residues. Stability or steadiness in weak sense of autoregressive model depends on the length of incoming stream and properties of autoregressive operator. This linear operator acts on a linear variety that allows for the concept of convergence. A manifold of convergent sequences of autocorrelation coefficients by log is the autocorrelation operator kernel. The kernel image when displaying by autoregression operator is a zero element. Current values of the sustainable process are approximated by model based on a finite number of previous values included in the convergent sequences. Random errors with the elements of this input do not correlate. Autoregressive operator norm acting in a complex space thus equals to zero. It results in the research of characteristic equation of the model. Its stability is provided by the presence of all roots of the characteristic equation out of a unit circle. Checking of the obtained models for stability is performed on the principle of the analytical function argument in the closed-loop unit circle and its consequence as Rouché theorem. The number of zeros of the analytical function in a closed loop without their direct calculation may be defined by Rouché theorem.

random number sequence, simulation model, steadiness, autoregression, autocorrelation, operator, characteristic polynomial, Rouché theorem

ВВЕДЕНИЕ

Интерес в данной работе представляет получение моделей, лежащих в основе процедуры прогнозирования. Различия между случайным стационарным, хотя бы в слабом смысле, процессом $X(t)$ и порожденным с его помощью временным рядом x_t не делается [1, 2].

Стационарным в слабом смысле называют стохастический процесс, для которого среднее и дисперсия независимо от рассматриваемого периода времени имеют постоянное значение. Автоковариация зависит только от длины лага $\tau = t_1 - t_2$ между рассматриваемыми переменными t_1, t_2 , [1, 2].

1. ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Целью является разработка достаточно устойчивой статистики. Под устойчивостью результатов имитации понимается степень их нечувствительности к изменению входных условий.

Случайное поле $X(t)$ генерируется методом композиции. Теоретические характеристики процесса $X(t)$ аппроксимируются состоятельными выборочными характеристиками \bar{x}, \bar{d}, σ временного ряда x_t .

Для упрощения записи формул применяется переход к центрированным стандартизованным случайным функциям $X(t)$ с характеристиками $m_x(t) = 0, \sigma_x(t) = 1$.

Автокорреляционной функцией стандартизованного центрированного процесса $X(t)$ называется выражение

$$\rho_x(t_1, t_2) = M[\overset{\circ}{X}(t_1) \cdot \overset{\circ}{X}(t_2)], \quad (1)$$

где $\overset{\circ}{X}(t_1), \overset{\circ}{X}(t_2)$ – сечения центрированного стандартизованного $X(t)$.

«Стационарный белый шум» - система одинаково распределенных нормальных, независимых случайных величин (СВ). Она не является нормальной, но стационарность в слабом смысле у этого процесса имеется [1-3].

2. ГЕНЕРАЦИЯ ОДНОМЕРНОГО СЛУЧАЙНОГО ПОЛЯ

На основании предельных теорем теории вероятностей [3] доказывается возможность представления одной СВ в виде комбинации достаточно большого числа СВ, имеющих более простые и легко реализуемые законы распределения.

Сумма случайных величин $X = \sum_{i=1}^k R_i$ с характеристиками

$$m_x = \sum_{i=1}^k \frac{1}{2} = \frac{k}{2}, \quad \sigma_x = \sqrt{D_x} = \sqrt{\sum_{i=1}^k \frac{1}{12}} = \sqrt{\frac{k}{12}}, \quad (2)$$

позволяет рассмотреть распределение СВ Z в виде преобразования

$$z = \frac{1}{\sqrt{k/12}} \left(\sum_{i=1}^k R_i - \frac{k}{2} \right), \quad (3)$$

которое при неограниченном возрастании k приближается к нормальному распределению $N(0; 1)$, где R_i – равномерно распределенные на интервале $[0; 1]$ числа из последовательности случайных чисел (ПСЧ). Достаточно взять $k \geq 12$, чтобы СВ Z (3) считать центрированной величиной $\overset{\circ}{X}$.

Технически генерация случайных (точнее, псевдослучайных) чисел может быть выполнена в «Пакете анализа» приложений Excel.

3. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ АВТОРЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ОДНОМЕРНОГО ПРОЦЕССА

Текущее значение временного ряда x_t выражается через конечную линейную совокупность значений x_{t-p} ($p \geq 1$) и «стационарный белый шум» ϵ_t . Для центрированных значений $\tilde{x}_t = x_t - \bar{x}$ авторегрессия принимает следующий вид:

$$\tilde{x}_t = \alpha + \sum_{i=1}^p b_i \tilde{x}_{t-i} + \epsilon_t, \quad t = p+1, \dots, n, \quad b_i = const. \quad (4)$$

Прямая зависимость (4) без входящего потока α :

$$\tilde{x}_t = \sum_{i=1}^p b_i \tilde{x}_{t-i} + \epsilon_t, \quad t = p+1, \dots, n, \quad b_i = const. \quad (5)$$

Коэффициенты формулы (5) могут быть получены по классическому критерию наименьших квадратов.

Пусть действие линейного оператора лага L имеет вид

$$L b_p \tilde{x}_{t-p} = b_p L^p, \quad p \geq 0. \quad (6)$$

Авторегрессионный оператор порядка p принимает форму $\varphi(L) = 1 - \sum_{i=1}^p b_i L^i$

[1]. Формулы (4), (5), соответственно, принимают следующий вид:

$$\left(1 - \alpha - \sum_{i=1}^p b_i L^i\right) x_t = \varepsilon_t, \quad \left(1 - \sum_{i=1}^p b_i L^i\right) x_t = \varepsilon_t. \quad (7)$$

Компактно формулы (4), (5), (7) записываются так:

$$\varphi(L) \tilde{x}_t = \varepsilon_t. \quad (8)$$

Инструментом построения устойчивой формулы (7) служит автокорреляционная функция (1). Величины \tilde{x}_{t-k} для разных значений k являются разными центрированными сечениями x_t , а остатки регрессии ε_{t-k} , ε_t – некоррелированными. С учетом формул (5), (8) функция (1) есть линейная комбинация коэффициентов автокорреляции

$$\rho_k = \sum_{i=1}^p b_i \rho_{k-i}, \quad k = 1, \dots, n/4. \quad (9)$$

Число k ограничивается величиной $n/4$, чтобы не ослаблять поле корреляции, иначе соотношение (9) можно записать так:

$$\varphi(L) \rho_k = 0. \quad (10)$$

Равенство нулю в (10) возможно только при условии, что норма $\|\varphi\| = 0$.

Для любого ограниченного оператора справедлива теорема [4]:

$$\|\varphi\| = \sup_{|z| < 1} \|\varphi(z)\| = \sup_{z \neq 0} \frac{|\varphi(z)|}{|z|}, \quad z \in C. \quad (11)$$

Это означает, что $\|\varphi\| = 0$ приводит к алгебраическому уравнению вида

$$1 - \sum_{i=1}^p b_i z^i = 0. \quad (12)$$

Данное уравнение называют характеристическим [1] по отношению к (8). Устойчивость формулы (8) зависит от корней уравнения (12), обозначенных символами $(\zeta_i)^{-1}$, $i = 1, \dots, p$, с учетом их кратности. Оператор $\varphi(L)$ через корни характеристического уравнения можно записать следующим образом:

$$\varphi(L) = \prod_{i=1}^p (1 - \zeta_i L), \quad \|L\| < 1. \quad (13)$$

Значения функции (9) для различных корней уравнения (12) представляются через ζ_i в виде комбинации экспонент [1]:

$$\rho_k = \sum_{i=1}^p A_i \zeta_i^k, \quad k = 1, \dots, n/4. \quad (14)$$

С другой стороны, текущие значения процесса принимают вид

$$\tilde{x}_t = \varphi^{-1}(L) \varepsilon_t = \sum_{i=1}^p \frac{K_i}{(1 - \zeta_i L)} \varepsilon_t. \quad (15)$$

Сходящиеся последовательности ρ_k и \tilde{x}_t с ростом k , исходя из (14) и (15), имеют место при корнях уравнения (12) во внешности единичного круга [5], т.е.

$$|1/\zeta_i| > 1, i = 1, \dots, p, |\zeta_i| < 1. \quad (16)$$

В частности, текущие значения процесса в случае p -кратного корня $1/\zeta$, $|\zeta| < 1$, приобретают вид

$$\tilde{x}_t = \sum_{i=1}^p (-1)^{i+1} C_p^i \zeta^i \tilde{x}_{t-i} + \varepsilon_t, \quad t = p+1, \dots, n. \quad (17)$$

4. ПРИМЕРЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ И ПОСТРОЕНИЯ АВТОРЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

В основу моделирования положена формула интегрального закона нормального распределения $N(a, \sigma)$ [3, 6]

$$P(X < x) = 0,5 + \Phi((x - a)/\sigma), \quad (18)$$

где P – вероятность, $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt$ – функция Лапласа.

По заданной вероятности (18) попадания нормально распределенной СВ X в интервал $(-\infty, x)$ возвращается точка x .

Пример 1. Пусть $n = 30$, поле «Случайное рассеивание» в построении последовательности случайных чисел (ПСЧ) не активировано. Выбор числа наблюдений сделан с учетом возможных значений лага p .

ПСЧ $R(0, 1)$ упорядочивается для придания процессу x_t некоторого прикладного смысла. С ростом t реализации x_t ($a = 1, \sigma = 0,1$) считаются менее возможными. Формируется ПСЧ \tilde{x}_t по виду (3), $\tilde{x}_t = x_t - 1$ (табл. 1). К текущим значениям \tilde{x}_t применяется (5). Оператор Lp действует для $p = 4, 3, 2, 1$.

Таблица 1. Отклонения от среднего значения
Table 1. Deviations from the mean value

t	\tilde{x}_t	t	\tilde{x}_t	t	\tilde{x}_t	t	\tilde{x}_t	t	\tilde{x}_t
1	0,2274	7	0,0783	13	0,0258	19	0,0034	25	-0,0380
2	0,1259	8	0,0664	14	0,0215	20	-0,0050	26	-0,0384
3	0,1076	9	0,0555	15	0,0179	21	-0,0124	27	-0,0513
4	0,0926	10	0,0421	16	0,0160	22	-0,0137	28	-0,0519
5	0,0873	11	0,0273	17	0,0079	23	-0,0311	29	-0,0866
6	0,0851	12	0,0272	18	0,0050	24	-0,0347	30	-0,0938

Формула с лагом $p = 4$ для значений \tilde{x}_t , $t = 5, \dots$, имеет вид:

$$\tilde{x}_t = 1,20494 \tilde{x}_{t-1} + 0,54774 \tilde{x}_{t-2} - 0,81424 \tilde{x}_{t-3} + 0,07916 \tilde{x}_{t-4} + \varepsilon_t. \quad (19)$$

Стандартная ошибка формулы (19) равна $\sigma_{\text{ост}} = 0,00858$. По аналогичной схеме составляются формулы с лагом $p = 3; 2; 1$:

$$\tilde{x}_t = 1,30664 \tilde{x}_{t-1} - 0,12935 \tilde{x}_{t-2} - 0,01727 \tilde{x}_{t-3} + \varepsilon_t, \quad \sigma_{\text{ост}} = 0,00920; \quad (20)$$

$$\tilde{x}_t = 1,20446 \tilde{x}_{t-1} - 0,22414 \tilde{x}_{t-2} + \varepsilon_t, \quad \sigma_{\text{ост}} = 0,00968; \quad (21)$$

$$\tilde{x}_t = 0,797481 \tilde{x}_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \sigma_{\text{ост}} = 0,01677. \quad (22)$$

Пример 2 организуется с инициализацией генератора случайных чисел цифрой 2. Формируется ПСЧ $R(0, 1)$ без упорядочивания, возвращаются отклонения \tilde{x}_t от нормального распределения x_t с заданными параметрами $a = 1$, $\sigma = 0,1$ (табл. 2).

Таблица 2. Отклонения от среднего значения (генератор 2)
Table 2. Deviations from the mean value (generator 2)

t	\tilde{x}_t	t	\tilde{x}_t	t	\tilde{x}_t	t	\tilde{x}_t	t	\tilde{x}_t
1	-0,29948	7	-0,01376	13	-0,02894	19	-0,08303	25	-0,01141
2	0,123524	8	0,086556	14	-0,20859	20	0,119444	26	0,056909
3	0,063869	9	-0,0449	15	0,208053	21	-0,0421	27	-0,0908
4	0,010819	10	0,014838	16	0,01108	22	0,139273	28	-0,14468
5	0,128046	11	-0,09558	17	0,133982	23	0,019504	29	0,132092
6	0,025254	12	0,108161	18	0,145205	24	-0,07765	30	-0,07413

Авторегрессионное моделирование приводит к следующим результатам:

$$x_t = 0,018001x_{t-1} - 0,30482x_{t-2} + 0,004034x_{t-3} + 0,237016x_{t-4} - 0,1443x_{t-5} + \varepsilon_t, \quad (23)$$

$$x_t = -0,27168x_{t-1} + 0,055031x_{t-2} + 0,308748x_{t-3} - 0,2054x_{t-4} + \varepsilon_t, \quad (24)$$

$$x_t = -0,26784x_{t-1} + 0,087262x_{t-2} + 0,246727x_{t-3} + \varepsilon_t, \quad (25)$$

$$x_t = -0,27872x_{t-1} - 0,07241x_{t-2} + \varepsilon_t, \quad (26)$$

$$x_t = -0,29088x_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (27)$$

5. ПРОВЕРКА ПОЛУЧЕННЫХ МОДЕЛЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

Характеристическое уравнение формулы (19) имеет вид:

$$z^4 - 10,2860z^3 + 6,9194z^2 + 15,2216z - 12,6326 = 0. \quad (28)$$

Левая часть (28) представляется в виде суммы функций:

$$f(z) = 6,9194z^2 + 15,2216z - 12,6326; \varphi(z) = z^4 - 10,2860z^3.$$

Модули этих функций удовлетворяют неравенствам на окружности $C = \{|z| = 1\}$:

$$20,9348 \leq |f(z)| \leq 34,7736; 9,2860 \leq |\varphi(z)| \leq 11,2860; |f(z)| > |\varphi(z)|.$$

По теореме Руше [5] число корней уравнения (28) в круге $D = \{|z| < 1\}$ совпадает с числом нулей $f(z)$ в этой области. Функция $f(z)$ имеет один нуль в D . Итак, процесс (19) неустойчивый, не годится для прогноза вне поля корреляции.

Для модели (20) с лагом 3 характеристическое уравнение принимает форму

$$z^3 + 7,4899z^2 - 75,6600z + 57,9039 = 0. \quad (29)$$

Левая часть (29) может быть представлена суммой функций: $f(z) = -75,66z$; $\varphi(z) = z^3 + 7,4899z^2 + 57,9039$.

На окружности $C = \{|z| = 1\}$ удовлетворяется неравенство $|f(z)| > |\varphi(z)|$.

Функция $f(z)$ имеет нуль внутри D . Формула (20) не устойчива.

Корни уравнения

$$z^2 - 5,3737z + 4,4615 = 0 \quad (30)$$

модели (21), соответственно, равны 1,0262; 4,347.

На основании (16) модель (21) устойчивая, на грани единичного корня [1, 2].

Устойчивость (22) проверяется по уравнению

$$1 - 0,797481z = 0 \quad (31)$$

и его корню $z = 1,2539484$.

Устойчивый прогноз будущих значений x_t в примере 1 на несколько шагов вперед возможен только с лагом $p = 1, 2$.

Модели (23)–(27) устойчивы, однако порядок случайных ошибок аппроксимации в этих формулах значительно выше, чем в формулах (19)–(22).

Устойчивую модель на основе ПСЧ примера 2 дает формула (17), если кратный корень порядка p характеристического полинома $z = 1/\zeta$, $|z| > 1$. Этой формулой можно описать многомерный колебательный процесс \tilde{x}_t относительно нуля [7]. Устойчивые формулы преобразуются к исходным уровням x_t .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования могут быть представлены следующим образом:

- использованы известные механизмы построения случайных полей с точки зрения, определенной авторами;
- достаточно строго математически описан инструмент проверки авторегрессии на стационарность в виде характеристического уравнения;
- предложен способ проверки стационарности модели с помощью теоремы Руше;
- чем больше элемент случайности, тем проще сформировать стационарную модель лаговой длины $p \geq 4$ с постоянным входным потоком или без него;
- для физических случайных процессов подтверждается оптимальная длина стационарной модели авторегрессии $p \geq 2$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукашин, Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: учеб. пособие / Ю. П. Лукашин. – Москва: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
2. Вентцель, Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебник / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – Москва: Высшая школа, 2000. – 383 с.
3. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей: учебник для вузов / Е. С. Вентцель. – Москва: Высшая школа, 1999. – 575 с.
4. Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа: учебник / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. – Москва: Наука, 1972. – 496 с.
5. Лаврентьев, М. А. Методы теории функций комплексного переменного: учеб. пособие / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. – Москва: Наука, 1965. – 716 с.
6. Рыжкина, Т. А. Преобразования плоского «белого шума» с определенными свойствами выходных характеристик / Т. А. Рыжкина, З. П. Старовойтова // Научные труды Дальрыбвтуза. – Владивосток. – 2012. – Вып. 27. – С. 71-82.

7. Кловский, Д. Д. Обработка пространственно-временных сигналов (в каналах передачи информации): моногр. / Д. Д. Кловский, В. А. Сойфер. – Москва: Связь, 1976–208 с.

REFERENCES

1. Lukashin Ju. P. *Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennyh rjadov: uchebnoe posobie* [Adaptive methods of short-term forecasting of temporal rows: student's book]. Moscow, Finansy i statistika, 2003, 416 p.

2. Ventcel' E. S., Ovcharov L. A. *Teoriya sluchajnyh processov i ee inzhenernye prilozhenija: uchebnyk* [Theory of random processes and its engineering applications: student's book]. Moscow, Vysshaja shkola, 2000, 383 p.

3. Ventcel' E. S. *Teoriya verojatnostej: uchebnyk dlja vuzov* [Probability theory: student's book for universities]. Moscow, Vysshaja shkola, 1999, 575 p.

4. Kolmogorov A. N., Fomin S. V. *Jelementy teorii funkcion i funkcional'nogo analiza: uchebnyk* [Element of function theory and functional analysis: student's book]. Moscow, Nauka, 1972, 496 p.

5. Lavrent'ev M. A., Shabat B. V. *Metody teorii funkcion kompleksnogo peremennogo: uchebnoe posobie* [Methods of function theory of a complex variable: student's book]. Moscow, Nauka, 1965, 716 p.

6. Ryzhkina T. A., Starovojtova Z. P. Preobrazovaniya ploskogo "belogo shuma" s opredelennymi svojstvami vyhodnyh harakteristik [Transformation of flat noise with certain properties of output characteristics]. *Nauchnye trudy Dal'rybvvtuza*. Vladivostok: Dal'rybvvtuz, 2012, vol. 27, pp. 71-82.

7. Klovskij D. D., Sojfer V. A. *Obrabotka prostranstvenno-vremennyh signalov (v kanalah peredachi informacii)* [Processing of spatial-temporal signals (in information transfer paths)]. Moscow, Svjaz', 1976, 208 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Рыжкина Тамара Александровна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; кандидат физико-математических наук; доцент кафедры «Прикладная математика и информатика»;
E-mail: t.ryzhic@mail.ru

Ryzhkina Tamara Aleksandrovna – Far-Eastern State Technical Fishery University; PhD in Physics and Mathematics; associate professor of the department of applied mathematics and informatics;
E-mail: t.ryzhic@mail.ru

Старовойтова Зоя Павловна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; доцент кафедры «Высшая математика»;
E-mail: zoya.starovoitova@yandex.ru

Starovoitova Zoya Pavlovna – Far-Eastern State Technical Fishery University; associate professor of the department of advanced mathematics;
E-mail: zoya.starovoitova@yandex.ru

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ АПК

УДК 630

ВАРИАТИВНОСТЬ ПЛАНТАЦИОННОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ЕГО ПРИБЫЛЬНОСТИ

Е. А. Колесниченко, И. О. Торжков, Я. Ю. Радюкова

VARIABILITY OF PLANTATION FORESTRY
BASED ON THE ASSESSMENT OF ITS PROFITABILITY

E. A. Kolesnichenko, I. O. Torzhkov, Ya. Yu. Radyukova

В статье предложен методический подход к обоснованию вариативности развития лесного бизнеса на основе плантационного лесоразведения, базирующийся на анализе соотношения результативности и рисковости предпринимательской деятельности (как ключевых эндогенных факторов). В рамках данного анализа представлена схема алгоритма принятия решения о выборе вида предпринимательства, при котором вероятность критического риска будет минимальной. Авторами разработана экономико-математическая модель обоснования прибыльности предпринимательской деятельности в системе плантационного лесоразведения, в которой предпринимательский доход зависит от следующих производственных факторов: густоты создания плантационных культур, оборота рубки плантации, породы и закупочной цены на древесину. Расходная часть включает понесенные полные затраты предпринимателя на производство и реализацию биомассы с плантациями и уплачиваемые налоги и сборы. На величину чистой предпринимательской прибыли оказывают влияние случайные компоненты - предпринимательские риски. На основе использования предлагаемого методического инструментария произведены расчеты по заданным параметрам. В результате доказано, что наиболее доходной является предпринимательская деятельность по выращиванию лесных плантаций с оборотом рубки 20 лет и густотой создания 8,0 тыс. шт./га, а наименьшая вероятность того, что полученная выручка будет равна затратам, обусловленным рисками, характерна для мидиротационной плантации с густотой посадки 3 тыс. шт./га. Практическая значимость публикации состоит в возможности применения сформулированных выводов и рекомендаций в деятельности предпринимательских структур, функционирующих в сфере плантационного лесоразведения: предложенный методический подход к оценке воздействия эндогенных факторов целесообразен к использованию при обосновании варианта развития лесного бизнеса на основе плантационного лесоразведения.

плантационное лесоразведение, эндогенные детерминанты лесоразведения, вариативность развития плантационного лесоразведения

The article presents a methodical approach to justification of variability of development of forestry on the basis of plantation forest culture, which is based on the analysis of the ratio of effectiveness and risk of entrepreneurial activity (as key endogenous factors) is offered within which the scheme of an algorithm for making

decision on the choice of a type of business at which the probability of critical risk will be minimum is submitted. The authors have developed an economic-mathematical model of justification of profitability of the entrepreneurial activity in the system of plantation forestry in which the enterprise income depends on the following production factors: density of creation plantation cultures, turn of plantation cutting, breed and purchase price of wood. An account part includes incurred full costs of the businessman of production and realization of biomass from plantations and the paid taxes and fees. Casual components - enterprise risks also exert impact on the size of net enterprise profit. Based on the use of the offered methodical tools, calculations for the set parameters have been made. As a result, it has been proved that the most profitable is the entrepreneurial activity on cultivation of forest plantations with cutting turn of 20 years and density of creation 8,0 thousands of units / hectare, and the smallest probability that the received revenue will be equal to the expenses caused by risks is characteristic of a midrotational plantation with density of landing 3 thousands of units / hectare. The practical importance of the publication is in possibility of application of the formulated conclusions and recommendations in activity of the enterprise structures functioning in the sphere of plantation forestry: the offered methodical approach to an assessment of influence of endogenous factors is expedient to use at justification of development options for forest business on the basis of plantation forestry.

plantation forestry, external factors of plantation forestry, variability of development of plantation forestry

ВВЕДЕНИЕ

Лесной бизнес имеет достаточно широкое распространение на территории России, поскольку леса Российской Федерации занимают около 70 % территории суши и являются важнейшим природным ресурсом. Кроме того, имеющиеся лесные ресурсы удовлетворяют множественные экономические потребности предпринимателей.

Первые практические рекомендации по организации и технологии плантационного лесовыращивания были подготовлены ЛенНИИЛХом, БелНИИЛХом. Проблематику возобновления лесных ресурсов в системе лесного бизнеса поднимали многие ученые, в том числе коллектив Всероссийского НИИ лесоводства под руководством С. А. Родина. Ими заложены ключевые институциональные основы создания лесных плантаций. Однако применительно к данному исследованию актуальной является разработка экономико-математической модели обоснования прибыльности предпринимательской деятельности в системе плантационного лесоразведения.

Создание лесных плантаций и их эксплуатация – новый, перспективный, по мнению многих лесоводов и лесопользователей, вид использования лесов, который законодательно появился впервые в действующем Лесном кодексе Российской Федерации. В связи с этим возник общественный интерес к плантационному лесоразведению, происходит широкое обсуждение проблемы создания лесных плантаций в научной литературе. Значительное количество публикаций посвящено исследованиям, проведенным на площадях плантационных культур, заложенных в СССР в 80-е годы прошлого века. Кроме того, широко освещаются вопросы плантационного выращивание древесины в мировой практике.

Плантационное лесоразведение будет иметь развитие только при наличии финансовой заинтересованности предпринимателя и его уверенности в устойчивом получении предпринимательского дохода в длительном интервале времени.

МЕТОДЫ

Методологической основой исследования послужила система общенаучных и специальных методов и подходов к нему. Исследование базируется на использовании сравнительно-исторического метода, системно-функционального подхода, методов анализа, синтеза, индукции, дедукции, статистических методов исследования, метода анализа иерархий, графических методов отображения данных и т. д. Верифицируемость и достоверность полученных результатов подтверждается использованием экономико-математических моделей, теории вероятности, сопоставимостью и согласованностью теоретических и практических результатов. Информационной и эмпирической базой исследования стали материалы, представленные Федеральной службой государственной статистики, Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федерального агентства лесного хозяйства, данные сети Интернет и т. д. [1].

Применительно к разработке методического инструментария выбора варианта развития лесного бизнеса на основе плантационного лесоразведения отметим, что прибыль выступает как главный мотив предпринимательской деятельности. В этом плане предпринимательский доход – часть прибыли от предпринимательской деятельности, которую получают сами предприниматели за риск, новаторство, организацию производства и труда. Предпринимательский доход часто ассоциируют с чистой прибылью, получаемой предпринимателем, однако они не тождественны. Доход включает в себя как нормальную прибыль – нормальное, вознаграждение предпринимателю за выполнение им предпринимательских функций, так и экономический доход, т. е. доход, полученный сверх нормальной прибыли [2].

Говоря о готовности предпринимателя к осуществлению предпринимательской деятельности, остановимся на нормальной норме прибыли [3]. Известно, что масса прибыли от продаж определяется факторами различного порядка (1):

$$ПР = f(BP, C, H), \quad (1)$$

где BP – выручка от продаж продукции; C – себестоимость проданной продукции; H – сумма налоговых и иных отчислений за ведение предпринимательской деятельности на землях лесного фонда и землях иных категорий.

Три перечисленных выше фактора являются независимыми переменными и определяются стратегией осуществления предпринимательской деятельности на землях лесного фонда и землях иных категорий. На величину чистой предпринимательской прибыли также оказывают влияние случайные компоненты – предпринимательские риски, уменьшающие (увеличивающие) массу чистой прибыли. Для целей развития предпринимательской деятельности и получения нормальной прибыли интерес представляют лишь риски, оказывающие негативное воздействие на массу прибыли, однако данная проблематика требует отдельного исследования [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрим механизм формирования неслучайных компонентов прибыли. Во-первых, сам процесс создания и эксплуатации лесных плантаций

многогранен и определяется оборотом рубки. По этому признаку принято выделять миниротационные плантации с оборотом рубки 1-10, мидиротационные – 11-25 и максиротационные – свыше 26 лет. Если принять срок предельной эксплуатации плантаций 60 лет, то становится понятно, что за этот период можно получить шесть ротаций при обороте рубки 10, три – 20 и две – 30 лет. Решение о выборе типа плантационных культур является оптимизационной задачей на максимум выхода биомассы с максимальной добавочной стоимостью.

Не менее важным фактором считается густота создания плантационных культур, по аналогии с первым фактором влияющая на выход биомассы. Из лесоводственной практики известно, что создавать плантации можно с густотой 5; 10; 20; 40 тыс. шт./га. Решение о выборе густоты создания плантационных культур – оптимизационная задача на максимум выхода биомассы с максимальной добавочной стоимостью.

И, наконец, выбор основной древесной породы в плантационных насаждениях. Из практики стран, активно создающих лесные плантации на биомассу, известно множество древесных пород, отвечающих требованиям плантационных культур по скорости роста, плотности древесины, накапливаемой биомассе и др. Однако для климатических условий России подходят далеко не все. Наиболее испытанными и устойчивыми являются быстрорастущие тополя и ивы. Неплохие результаты показывают и хвойные породы при интенсивном выращивании в условиях плантаций.

Для определения прибыли от основной деятельности (лесозаготовка) необходимо рассчитать выручку от продаж продукции (доход), которой будут являться круглые лесоматериалы (сортименты), а в затраты (расходы) включать стоимость проведения комплекса лесохозяйственных работ и работ по лесозаготовкам.

В целях повышения точности выводов и достоверности результатов мы будем опираться на показатели роста и развития одной породы – быстрорастущих тополей, понимая, что при необходимости исследование может быть продолжено и дополнено новыми видами древесных пород.

Следуя логике нашего исследования, выручка от выращивания и реализации биомассы древесных пород в условиях плантаций зависит от четырех составляющих (2):

$$BP = f(Op, \Gamma, П, Ц), \quad (2)$$

где Op – оборот рубки, лет; Γ – густота плантации, тыс. шт./га; $П$ – порода; $Ц$ – закупочная цена на древесину, руб.

Оборот рубки рассматривается как дискретная переменная, принимающая три значения: 10; 20; 30 лет.

Густота насаждений также, без ограничения общности, будет рассматриваться как дискретная переменная, принимающая одно из четырех значений: 3; 5; 8; 10 тыс. шт./га.

Для настоящего исследования породная составляющая выступает постоянной величиной. Таким образом, предпринимательский доход зависит от двух производственных факторов – густоты создания плантационных культур и оборота рубки плантации – и может принимать одно из $3 \cdot 4 = 12$ значений.

Не менее интересен процесс формирования расходной части бюджета предпринимателя. Здесь следует выделить два неслучайных компонента – себестоимость, представляющую собой понесенные полные затраты предприни-

мателя на производство и реализацию биомассы с плантациями, и налоги и сборы, уплачиваемые за осуществление предпринимательской деятельности на землях лесного фонда и землях иных категорий.

Укрупненные группы затрат в составе себестоимости следующие:

- на первоначальную закладку плантации (руб.);
- на уходы и содержание плантационных культур (руб.);
- на рубку, первичную обработку и доставку покупателям или к местам будущей переработки (руб.).

Количество уходов является регламентированным техпроцессом и не меняется в течение ротации. Однако количество уходов за период эксплуатации плантации, например в 60 лет, будет не одинаковым для плантаций с оборотом рубки 10, 20 и 30 лет. Известно, что плантации нуждаются в агротехническом уходе в следующей последовательности:

- первый год после создания (рубки) – три раза за сезон;
- второй год после создания (рубки) – два раза за сезон;
- третий год после создания (рубки) – один раз за сезон.

Тогда для плантаций с оборотом рубки 10 лет количество агротехнических уходов составит $6 \times 6 = 36$; $20 - 6 \times 3 = 18$; $30 - 6 \times 2 = 12$ уходов.

Количество рубок привязано к периоду ротации (при сроке службы плантации в 60 лет и ротации в 10 лет количество рубок составит – шесть, при ротации в 20 лет – три, в 30 лет – две рубки). Сведем полученные данные в табл. 1.

Таблица 1. Зависимость числа рубок и уходов от срока ротации

Table 1. Dependence of the amount of cutting and thinning on rotation period

Срок ротации, лет	Оборот рубки, лет	Число рубок, ед.	Число агротехнических уходов, ед.
1 - 10	10	6	30
11 – 25	20	3	18
26 и более	30	2	12

На основании данных табл. 1 понимаем, что затраты на уход за плантационными культурами зависят от густоты насаждений. Затраты на рубку зависят от оборота рубки и густоты насаждений. Данные параметры являются дискретными при описанных данных и могут принимать 12 значений.

К неслучайным компонентам прибыли относятся налоги, которые, в свою очередь, зависят от формы предпринимательства и места закладки плантации. С момента государственной регистрации предпринимательская структура становится налогоплательщиком с обязанностями, предусмотренными ст. 23 Налогового кодекса, в том числе по представлению в налоговый орган налоговых деклараций (расчетов) по каждому налогу (сбору), подлежащему уплате этим налогоплательщиком, независимо от факта осуществления предпринимательской деятельности (подпункт 4 п. 1 ст. 23 Налогового кодекса) [5].

Величина налога в зависимости от формы предпринимательства определяется налоговым кодексом.

Таким образом, неслучайная функция прибыльности (1) может быть представлена в виде (3):

$$ПР = f(ВР, С, Н) = ВР(Ор, Г, Ц) - (Закл + У(Г) * t_1 + P(Ор, Г) * t_2) - (Н + ИНП), (3)$$

где Закл – затраты на закладку плантаций; У(Г) – затраты на уход за плантационными культурами; Р(Ор,Г) – затраты на рубку; t_1 , t_2 – количество уходов и рубки в год, соответственно; ИМП – иные, в том числе и неналоговые платежи – за землю или лесопользование.

ВЫВОДЫ

Определение нормативных затрат на выполнение лесохозяйственных мероприятий осуществляется в форме нормативно-технологических карт с учетом нормообразующих показателей, отражающих производственные условия отдельных видов работ. Как следует из опыта и выполненных расчетов, трудоемкость операций по подготовке почвы под создание лесных плантаций составляет 13,8 чел./дней на 1 га. Отметим, что полная себестоимость подготовки почвы под лесные плантации составляет 63,427 тыс. руб./га, в том числе по первому этапу 41696,40 и по второму – 21730,61. Подготовка почвы является самой дорогой производственной фазой работ, необходимой для успешного произрастания древесных растений.

Для лесостепного региона наиболее оптимальной при создании специализированных плантаций тополей на фитомассу считается густота 20 тыс. шт./га. При такой густоте с 1 га может быть получено фитомассы до 30 т при однолетней и от 30 до 60 т при двухлетней ротации в пересчете на абсолютно сухое вещество [6].

Таким образом, вопрос выбора оптимальной густоты лесных плантаций остается открытым. Это предопределяет необходимость расчета производственных затрат на их создание при густотах 2; 5; 8 и 10 тыс. растений на 1 га. Данный расчет выполнен в форме карт с учетом нормообразующих показателей. Способы, кратность и длительность агротехнических уходов за лесными культурами зависят от лесорастительных условий, биологических особенностей культивируемой породы, способа обработки почвы, метода создания культур, размеров применявшегося посадочного материала. Расчет нормативных затрат на выполнение работ по агротехническому уходу также выполнен в форме карт с учетом следующих нормообразующих показателей:

для проведения агротехнических уходов механизированным способом – условия равнинные; категория земель – вырубка; количество пней на 1 га до 500 шт.; длина гона 250 м; среднее расстояние на переезды 10 км ($k=0,79$ для колесных тракторов); группа почв – легкие; засоренность средняя);

для проведения агротехнических уходов ручным способом – условия равнинные; группа почв – средние; засоренность средняя; расстояние между центрами борозд 3 м; площадь ухода в одной борозде 40 м².

Таким образом, комплекс работ по созданию и уходами за лесными плантациями предусматривает затраты в размере от 356,4 до 83,3 тыс. руб./га, в зависимости от оборота рубки и густоты посадки (табл. 2).

В расчетах мы принимали равными затраты на подготовительные работы и агротехнические уходы для трех видов плантаций – мини-, миди- и максиротационные.

Таблица 2. Полные затраты на создание и эксплуатацию лесных плантаций тополя в зависимости от густоты посадки и оборота рубки

Table 2. Full costs of creation and operation of forest plantations of poplar depending on density of landing and cutting turn

Оборот рубки, лет	Густота посадки, тыс. шт./га	Подготовка почвы, тыс. руб./га	Посадка, тыс. руб./га	Агротехнические уходы, тыс. руб./га	В расчете на 60 лет	Рубка плантаций, тыс. руб./га	Затраты на рубку с учетом ротации	Итого полных затрат на одну ротацию	Итого полных затрат на 60 лет
Мини-ротационные, 10 лет	3,0	63,4	12,5	3,0	78,9	4,0	8,0	82,9	248,7
	5,0	63,4	25,9	3,0	92,3	4,0	8,0	96,3	288,9
	8,0	63,4	39,4	3,0	105,8	4,0	8,0	109,8	329,4
	10,0	63,4	48,4	3,0	114,8	4,0	8,0	118,8	356,4
Миди-ротационные, 20 лет	3,0	63,4	12,5	3,0	78,9	4,1	8,2	83	166
	5,0	63,4	25,9	3,0	92,3	4,1	8,2	96,4	192,8
	8,0	63,4	39,4	3,0	105,8	4,1	8,2	109,9	219,8
	10,0	63,4	48,4	3,0	114,8	4,1	8,2	118,9	237,8
Макси-ротационные, 30 лет	3,0	63,4	12,5	3,0	78,9	4,4	8,8	83,3	83,3
	5,0	63,4	25,9	3,0	92,3	4,4	8,8	96,7	96,7
	8,0	63,4	39,4	3,0	105,8	4,4	8,8	110,2	110,2
	10,0	63,4	48,4	3,0	114,8	4,4	8,8	119,2	119,2

В настоящее время наиболее сложным при создании лесных плантаций является ценовой вопрос – поступление выручки от продаж древесины на биомассу и сортименты. Поскольку рынок лесной биомассы в России еще не сложился, стоимость биомассы принимаем равной 1,2 тыс. руб. за 1 т на лесосеке. Важно отметить, что с учетом возраста древесины цена на биомассу существенно меняется. По данным проф. Л. И. Рубцова, изменения морфометрических параметров тополя в зависимости от возраста следующие: в пять лет высота составляет 2,5; 10 – 7,5; 20 – 17,5; 30 – 25 м. Соответственно, диаметры в возрасте 10 лет составляют 10-12, увеличиваясь к 30 годам до 50 см [7]. Тогда, опираясь на товарные таблицы [7], можно утверждать, что в первой ротации сроками до 10 лет вся получаемая древесина будет мелкой и использоваться только для производства технической щепы. При увеличении оборота рубки до 20 лет 60 % деловой древесины будет среднего размера, 8 – крупной и 31 – мелкой, выход пиловочника 8 %. При обороте рубки 30 лет выход крупной и средней древесины составит 45, мелкой – 10 % от объема деловой древесины, с увеличением выхода пиловочника до 11 %. По данным А. П. Царева, выход древесной биомассы с плантациями тополей в возрасте 25 лет составляет 632 т/га, или 632 м³/га [8]. Таким образом, существуют следующие варианты получения дохода (табл. 3).

Следует отметить, что в России предпринимательская деятельность в лесном секторе облагается лесным налогом. В зависимости от площади арендованного участка предприниматель будет обязан платить лесной налог по ставке 856 руб./ га. Сальдо доходов и расходов предпринимателя по данной ставке представлено в табл. 4.

Таблица 3. Доходы от эксплуатации лесных плантаций тополя в зависимости от густоты посадки и оборота рубки

Table 3. Income from operation of forest plantations of poplar depending on density of landing and cutting turn

Оборот рубки, лет	Густота посадки, тыс. шт./га	Объем реализации мелкой древесины, м ³ /га	Объем реализации крупной древесины, м ³ /га	Цена на мелкую древесину, тыс. руб./ м ³	Цена на крупную древесину, тыс. руб./ м ³	Стоимость товарной продукции, тыс. руб.	Доход арендатора с учетом ротаций, тыс. руб.
Мини-ротационные, 10 лет	3,0	150,0	-	1,2	2,6	180	540,0
	5,0	180,0	-	1,2	2,6	216	648,0
	8,0	280,0	-	1,2	2,6	336	1008,0
	10,0	330,0	-	1,2	2,6	396	1188,0
Миди-ротационные, 20 лет	3,0	181,0	272,0	1,2	2,6	924,4	1848,8
	5,0	205,0	308,0	1,2	2,6	1046,8	2093,6
	8,0	233,0	350,0	1,2	2,6	1189,6	2379,2
	10,0	204,0	306,0	1,2	2,6	1040,4	2080,8
Макси-ротационные, 30 лет	3,0	66,0	650,0	1,2	2,6	1769,2	1769,0
	5,0	70,0	680,0	1,2	2,6	1852	1852,0
	8,0	55,0	530,0	1,2	2,6	1444	1444,0
	10,0	47,0	420,0	1,2	2,6	1148,4	1148,0

Таблица 4. Планируемые доходы и расходы предпринимателя за период 60 лет эксплуатации плантаций в расчете на 1 га

Table 4. Planned income and the businessman's expenses during 60 years of plantations operation per 1 hectare

Оборот рубки, лет	Густота посадки, тыс. шт./га	Доход арендатора с учетом ротаций, тыс. руб.	Полные производственные затраты арендатора	Лесной налог, тыс. руб.	Прибыль до налогообложения, тыс. руб.
Мини-ротационные, 10 лет	3,0	540,0	248,7	51,36	239,94
	5,0	648,0	288,9	51,36	307,74
	8,0	1008,0	329,4	51,36	627,24
	10,0	1188,0	356,4	51,36	780,24
Миди-ротационные, 20 лет	3,0	1848,8	166	51,36	1631,44
	5,0	2093,6	192,8	51,36	1849,44
	8,0	2379,2	219,8	51,36	2108,04
	10,0	2080,8	237,8	51,36	1791,64
Макси-ротационные, 30 лет	3,0	1769,0	83,3	51,36	1634,34
	5,0	1852,0	96,7	51,36	1703,94
	8,0	1444,0	110,2	51,36	1282,44
	10,0	1148,0	119,2	51,36	977,44

Анализируя табл. 4, можно сделать вывод, что наиболее доходной станет предпринимательская деятельность по выращиванию лесных плантаций с оборотом рубки 20 лет и густотой создания 8,0 тыс. шт./га.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Морковина, С. С. Анализ финансовых потоков в системе лесного хозяйства / С. С. Морковина, И. С. Зиновьева, И. В. Сибиряткина // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2013. – №46 (184). – С. 2-7.
2. Busarina U. V., Morkovina S. S., Budkova S.V., Kolesnichenko E. A. Mechanisms of support of export-oriented small enterprises: the regional aspect // *Asian Social Science*. – 2014. – Т.10. – №23. – С. 95-101.
3. Колесниченко, Е. А. Методические аспекты оценки ресурсного потенциала региона / Е. А. Колесниченко, Н. Н. Нестерова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2013. – № 6 (122). – С. 20-26.
4. Торжков, И. О. Методы оценки эффективности развития лесного предпринимательства на базе промышленных лесосырьевых плантаций / И. О. Торжков // Социально-экономические явления и процессы. – 2015. – Т. 10, № 12. – С. 87-92.
5. Morkovina S.S. Cluster approach to basis of forms of cooperation of the state and entrepreneurship in the forestry management of the sparsely wooded region // *Life Science Journal*. – 2014. – Т. 11, № 10. – С. 423-427.
6. Мироненко, С. С. Ассортимент и лесоводственно-биологические особенности создания миниротационных плантаций тополя в Воронежской области / С. С. Мироненко. – Воронеж, 1994.
7. Россинина, А. А. Динамика радиального прироста тополя бальзамического в урбанизированной среде / А. А. Россинина, О. С. Артемьев, С. Л. Шевелев // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 3. – С. 174–177.
8. Царев, А. П. Биомасса тополей подрода *europulus dode* для производства биоэнергии / А. П. Царев, В. А. Царев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2015. – №6; [Электронный ресурс]. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/biomassa-topoley-podroda-europulus-dode-dlya-proizvodstva-bioenergii> (дата обращения: 29.01.2017).

REFERENCES

1. Morkovina S. S., Zinov'eva I. S., Sibiryatkina I. V. Analiz finansovyykh potokov v sisteme lesnogo khozyaystva [Analysis of financial flows in forestry]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya*, 2013, no. 46 (184), pp. 2-7.
2. Busarina U. V., Morkovina S. S., Budkova S. V., Kolesnichenko E. A. Mechanisms of support of export-oriented small enterprises: the regional aspect. *Asian Social Science*, 2014, vol. 10, no. 23, pp. 95-101.
3. Kolesnichenko E. A., Nesterova N. N. Metodicheskie aspekty otsenki resursnogo potentsiala regiona [Methodological aspects of the assessment of the regional resource potential]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki*, 2013, no. 6 (122), pp. 20-26.
4. Torzhkov I. O. Metody otsenki effektivnosti razvitiya lesnogo predprinimatel'stva na baze promyshlennykh lesosyr'evykh plantatsiy [Evaluation methods for the development efficiency of forestry based on industrial forest plantations]. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy*, 2015, vol. 10, no. 12, pp. 87-92.

5. Morkovina S. S. Cluster approach to basis of forms of cooperation of the state and entrepreneurship in the forestry management of the sparsely wooded region. *Life Science Journal*, 2014, vol. 11, no. 10, pp. 423-427.

6. Mironenko S. S. *Assortiment i lesovodstvenno-biologicheskie osobennosti sozdaniya minirotatsionnykh plantatsiy topolya v Voronezhskoy oblasti* [Assortment and silvicultural-biological aspects of creation minirotational plantations of poplar in the Voronezh region]. Voronezh, 1994.

7. Rossinina A. A., Artem'ev O. S., Shevelev S. L. Dinamika radial'nogo prirosta topolya bal'zamicheskogo v urbanizirovannoy srede [Dynamics of radial growth of *Populus balsamifera* in an urban area]. *Vestnik KrasGAU*, 2008, no. 3, pp. 174-177.

8. Tsarev A. P., Tsarev V. A. Biomassa topoley podroda *Eupopulus dode* dlya proizvodstva bioenergii [Biomass of eupopulus dode poplar for production of bioenergy]. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik*, 2015, no. 6, available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/biomassa-topoley-podroda-eupopulus-dode-dlya-proizvodstva-bioenergii> (Accessed 29 January 2017).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колесниченко Елена Александровна – Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина; доктор экономических наук, профессор; зав. кафедрой «Кадровое управление» Института экономики, управления и сервиса; E-mail: ekolesnichenko@live.ru

Kolesnichenko Elena Aleksandrovna – Tambov State University named after G. R. Derzhavin; Doctor of Economic Sciences; Professor, the head of the Department of personnel administration of the Institute of economics, management and service; E-mail: ekolesnichenko@live.ru

Торжков Иван Олегович – Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина; соискатель кафедры менеджмента и экономики предпринимательства; E-mail: dissovet@tsu.tmb.ru

TorzHKov Ivan Olegovich – Tambov State University named after G. R. Derzhavin; postgraduate student at the Department of management and business economics of the Institute of economics, management and service; E-mail: dissovet@tsu.tmb.ru

Радюкова Яна Юрьевна – Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина; кандидат экономических наук, доцент; зав. кафедрой «Финансы и банковское дело» Института экономики, управления и сервиса; E-mail: radyukova68@mail.ru

Radyukova Yana Yurievna – Tambov State University named after G. R. Derzhavin; PhD in Economics, Associate Professor; the head of the Department of finance and banking of the Institute of economics, management and service; E-mail: radyukova68@mail.ru

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** 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);

– **Основная часть** (постановка задачи, методы и результаты исследования, их обсуждение). Основную часть рекомендуется разбивать на разделы с названиями, отражающими их содержание;

– **Заключение** (выводы).

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)** (кегль 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).

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. Pitanie 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 resursoberegayushchie 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 ochistki stochnykh vod i prirodnkh 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 inzhenerenom 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: *ФИО 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 обозначенные 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 креста (×). 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 \bar{b}^a 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.

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 28.04.2017. Выход в свет 01.05.2017. Формат 60 x 88 (1/8)
Печ. л. 34,5. Уч.-изд. л. 22,1. Тираж 1000 экз. Заказ № 50