

**АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL
OF APPLIED AND
FUNDAMENTAL RESEARCH**

Журнал основан в 2007 году
The journal is based in 2007
ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,580

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,286

№ 11 2020

Научный журнал
Scientific journal

Журнал International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований) зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – ПИ140

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

The electronic version takes places on a site www.rae.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

к.м.н. Н.Ю. Стукова

Ответственный секретарь

к.м.н. М.Н. Бизенкова

EDITOR

Natalia Stukova

Senior Director and Publisher

Maria Bizenkova

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алоев В.З. (Чегем-2); д.б.н., проф. Андреева А.В. (Уфа); к.географ.н., доцент Аничкина Н.В. (Липецк); к.ф.-м.н. Барановский Н.В. (Томск); д.б.н., доцент Белых О.А. (Иркутск); д.т.н., проф. Бурмистрова О.Н. (Ухта); д.т.н., доцент Быстров В.А. (Новокузнецк); д.м.н., проф. Гарбуз И.Ф. (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. Геворкян Э.А. (Москва); д.х.н., проф. Гурбанов Г.Р. (Баку); д.ветеринар.н., доцент Ермолина С.А. (Киров); к.т.н. Есенаманова М.С. (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.м.н. Жураковский И.П. (Новосибирск); д.т.н., доцент Ибраев И.К. (Темиртау); к.т.н., доцент Исмаилов З.И. (Баку); д.б.н., с.н.с. Кавцевич Н.Н. (Североморск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.б.н. Кокорева И.И. (Алматы); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); к.б.н., доцент Коротченко И.С. (Красноярск); к.с.-х.н., доцент Кряжева В.Л. (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент Кульков В.Г. (Волжский); д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент Леонтьев Д.Ф. (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Несветаев Г.В. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. Никитин С.Н. (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент Олешко О.А. (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. Партоев К. (Душанбе); к.п.н., доцент Попова И.Н. (Москва); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент Розыходжаева Г.А. (Ташкент); д.г.-м.н. Сакиев К.С. (Бишкек); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. Трефилов Б.Б. (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. Чарышкин А.Л. (Ульяновск); д.географ.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек); к.х.н. Шарифуллина Л.Р. (Москва); д.п.н., проф. Щирин Д.В. (Санкт-Петербург)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым.

Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) –
головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного цитирования (ИФ РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,580.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,286.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции: 410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

ISSN 1996-3955

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41

Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: edition@rae.ru

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова

Техническое редактирование и верстка Л.М. Байгузова

Корректор Е.С. Галенкина, Н.А. Дудкина

Подписано в печать 30.11.2020

Дата выхода номера 30.12.2020

Формат 60х90 1/8

Типография

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 8,5

Тираж 500 экз.

Заказ МЖПиФИ 2020/11

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

СОВРЕМЕННЫЕ СОРТА ХЛОПЧАТНИКА (<i>GOSSYPIMUM</i>) И ОСОБЕННОСТИ ИХ ВЫРАЩИВАНИЯ В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ КЫРГЫЗСТАНА	
<i>Иманбердиева Н.А., Санжарбекова Ж.С.</i>	7
ОСОБЕННОСТИ РОСТА САДОВЫХ ФОРМ <i>THUJA OCCIDENTALIS</i> L. В ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЕ	
<i>Мамытова М.Т., Ахматов М.К., Абдрашитова Ж.К.</i>	13
УРОВЕНЬ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ ПО ИНДЕКСУ ЗДОРОВЬЯ	
<i>Соколов С.В.</i>	17

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ОСОБЕННОСТИ ПОВТОРНОГО ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ЛИЦ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА ПОЛНЫМИ СЪЕМНЫМИ ПРОТЕЗАМИ	
<i>Нурбаев А.Ж., Эркинбеков И.Б., Калбаев А.А., Алымбаев Р.С.</i>	23

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

СТАТЬИ

МОНИТОРИНГ ЧИСЛЕННОСТИ ЯБЛОННОЙ ПЛОДОЖОРКИ (<i>CYDIA POMONELLA</i> (L.)) НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ	
<i>Бледных О.В., Гаецкий М.П., Чернышков В.В.</i>	27
МОНИТОРИНГ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА	
<i>Глебова Е.А., Филиппова Г.И., Филиппова А.Б., Романенко Т.М.</i>	32

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ПОДХОДЫ К ДЕПОНИРОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ	
<i>Барышев Р.А., Углев В.А., Захарьин К.Н.</i>	37
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДВОДНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО НАХОЖДЕНИЯ ГРАНИЦ ГОРИЗОНТОВ ПОВЫШЕННОЙ МУТНОСТИ <i>IN SITU</i>	
<i>Оленин А.Л.</i>	42
ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ	
<i>Розман Б.Я., Елкин А.В.</i>	46

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА В НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ
С ПОМОЩЬЮ ПРОИЗВОДНЫХ ДРОБНОГО ПОРЯДКА

Ковалев М.Д. 51

РАСЧЕТ СИЛ ДЕЙСТВИЯ ПОТОКА ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА НА ОСНОВАНИИ МКТ
И ТЕОРЕМЫ О СЛОЖЕНИИ СКОРОСТЕЙ

Кудряшова Н.А. 57

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ПРОГНОЗ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО
АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

Ткачев Б.П., Ткачева Т.В., Шипицын А.А. 64

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLES

MODERN COTTON VARIETIES (GOSSYPIMUM) AND PECULIARITIES
OF THEIR CULTIVATION IN THE SOUTHERN KYRGYZSTAN

Imanberdieva N.A., Sanjarbekova Zh.S. 7

FEATURES OF GROWTH OF GARDEN FORMS *THUJA OCCIDENTALIS* L.
IN THE CHUA VALLEY

Mamytova M.T., Akhmatov M.K., Abdrashitova Zh.K. 13

THE LEVEL OF CLIMATIC COMFORT OF THE TERRITORY OF THE KHANTA-MANSI
AUTONOMOUS REGION – UGRA AND THE ASSESSMENT OF THE QUALITY
OF LIFE OF THE POPULATION ACCORDING TO THE HEALTH INDEX

Sokolov S.V. 17

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

FEATURES OF REPEATED ORTHOPEDIC TREATMENT FOR ELDERLY PEOPLE
WITH FULL REMOVABLE DENTURES

Nurbaev A.Zh., Erkinbekov I.B., Kalbaev A.A., Alymbaev R.S. 23

AGRICULTURAL SCIENCES

ARTICLES

MONITORING THE NUMBER OF *CYDIA POMONELLA* (L.) AGAINST THE BACKGROUND
OF THE USE OF PLANT PROTECTION PRODUCTS

Blednykh O.V., Gajecki M.P., Chernyshkov V.V. 27

MONITORING OF DAIRY PRODUCTIVITY OF COWS AT THE OPTIMIZATION
OF FOOD IN THE CONDITIONS OF THE NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

Glebova E.A., Filippova G.I., Filippova A.B., Romanenko T.M. 32

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLES

APPROACHES TO THE DEPOSITARY OF THE RESULTS OF INTELLECTUAL ACTIVITY
BY USING DISTRIBUTED TECHNOLOGIES REGISTRIES

Baryshev R.A., Uglev V.A., Zakharyin K.N. 37

USING AN UNDERWATER VIDEO CAMERA TO QUICKLY LOCATE WATER LAYERS
OF INCREASED TURBIDITY *IN SITU*

Olenin A.L. 42

SOFTWARE/HARDWARE PLATFORM FOR REMOTE CONTROL
OF UNDERWATER ROBOTICS SYSTEM

Rozman B.Ya., Elkin A.V. 46

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

ARTICLES

INVESTIGATION OF BODY MOTION IN AN INCOMPRESSIBLE FLUID
USING FRACTIONAL ORDER DERIVATIVES

Kovalev M.D. 51

THE CALCULATION OF IDEAL GAS' FLOW ACTING FORCES BASED
ON KMT AND VELOCITY-ADDITION LAW

Kudryashova N.A. 57

ECONOMICAL SCIENCES

ARTICLES

POPULATION FORECAST FOR CITIES IN THE KHANTY-MANSI
AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA

Tkachev B.P., Tkacheva T.V., Shipitsyn A.A. 64

СТАТЬИ

УДК 58:633.51(575.2)

**СОВРЕМЕННЫЕ СОРТА ХЛОПЧАТНИКА (*GOSSYPIMUM*)
И ОСОБЕННОСТИ ИХ ВЫРАЩИВАНИЯ
В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ КЫРГЫЗСТАНА**

Иманбердиева Н.А., Санжарбекова Ж.С.

Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, e-mail: nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

В различных районах Средней Азии в процессе длительного приспособления растений к почвенно-климатическим условиям образовалось много разных форм и сортов хлопчатника, отличающихся друг от друга как по урожайности, так и по качеству волокна. Поскольку хлопчатник является достаточно теплолюбивой культурой, то лишь южные регионы пригодны для его выращивания, причем в весьма ограниченных масштабах. В юго-восточной части Ферганской долины Кыргызстана на сегодняшний день выращивают отечественные и районированные сорта хлопчатника. Исследования проводились в 2019 г. на Кара-Суйской опытной станции по хлопководству Института земледелия Кыргызской Республики. Кыргызская опытная станция по хлопководству расположена в восточной части долины Ош, в районе Кара-Суу. Все селекционные, агротехнические и агрохимические мероприятия страны направлены на создание и внедрение скороспелых, высокоурожайных сортов хлопчатника с высоким качеством волокна для предгорной зоны Ферганской долины. В ходе фенологических наблюдений в 2019 г. было замечено, что районированный китайский сорт хлопчатника К-44 в росте намного превосходит отечественные сорта. Китайский сорт дает обильный урожай по сравнению с отечественными сортами, но волокна отечественных сортов превосходят китайский сорт прочностью и тонковолокнистостью. Волокна тонковолокнистых сортов бывают более крепкими и длинными, чем волокна средневолокнистых сортов хлопчатника. Поэтому изготовленная из него пряжа получается в 1,5–2 раза более прочной. При посевной площади 24,4 тыс. га валовой сбор хлопчатника составил 45,6 тыс. т, что превысило аналогичный показатель прошлого года на 3,4 тыс. т.

Ключевые слова: хлопок, сорта хлопчатника, агротехника, сбор, климат, опытная станция

**MODERN COTTON VARIETIES (*GOSSYPIMUM*) AND PECULIARITIES
OF THEIR CULTIVATION IN THE SOUTHERN KYRGYZSTAN**

Imanberdieva N.A., Sanjarbekova Zh.S.

Kyrgyz-Turkish «Manas» University, Bishkek, e-mail: nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

In various regions of Central Asia, during the long adaptation of plants to soil and climate conditions, many different forms and varieties of cotton were formed, differing from each other in both yield and fiber quality. Since cotton is a fairly heat-loving crop, only the southern regions are suitable for its cultivation, and even then on a very limited scale. In the South-Eastern part of the Fergana valley of Kyrgyzstan, domestic and regional varieties of cotton are currently grown. The research was conducted in 2019 in the Kara-Sui experimental station for cotton production of the Institute of agriculture of the Kyrgyz Republic. The Kyrgyz cotton-growing experiment station is located in the Eastern part of the Osh valley, in the Kara-Suu region. All selection, agrotechnical and agrochemical measures of the country are aimed at creating and introducing precocious, high-yielding varieties of cotton with high quality fiber for the foothill zone of the Fergana valley. In the course of phenological observations in 2019, it was noticed that the zoned Chinese cotton variety K-44 in growth is much higher than domestic varieties. The Chinese variety produces a more abundant crop than other domestic varieties, but the fibers of domestic varieties are superior to the Chinese variety in strength and fine fiber. The fibers of fine-fiber varieties are stronger and longer than the fibers of medium-fiber varieties of cotton. Therefore, the yarn made from it turns out to be 1.5–2 times more durable. With a sown area of 24.4 thousand hectares, the gross cotton harvest amounted to 45.6 thousand tons, which exceeded the same indicator last year by 3.4 thousand tons.

Keywords: cotton, cotton varieties, agriculture, harvesting, climate, experimental station

Хлопчатник представляет собой одну из древнейших и важнейших полевых культур, возникших одновременно с зарождением земледелия. Хлопок является ценным сырьем для производства промышленных и продовольственных товаров. В современных условиях нет такой отрасли промышленности, в которой бы не использовались хлопок и продукция из него. Еще в прошлом столетии было обращено внимание на изыскание более эффективных приемов агротехники хлопчатника, выведение высокопродуктивных сортов и улучшение качества волокна. После открытия Н.И. Вави-

ловым центра происхождения культурных растений и их сородичей многими странами были организованы многочисленные экспедиции для сбора новых видов, разновидностей и местных популяций хлопчатника. Изучению видового многообразия хлопчатника в свое время были посвящены труды Г.С. Зайцева, Я.С. Проханова, Ф.М. Мауера и Н.Н. Константинова, имеющие основополагающее значение в исследовании хлопчатника [1, с. 3].

Актуальность темы определяется возрастающим интересом человечества к продуктам и материалам натурального проис-

хождения. Хлопчатник как лекарственное растение имеет большое значение, особенно в народной медицине. В листьях хлопчатника содержатся органические кислоты (до 5–7%), каротин и лимонная кислота. Цветки растения содержат флавоноиды, госсипол. В коре корней хлопчатника много дубильных веществ, витаминов С, К. Семена содержат до 40% жира [2, с. 110].

Хлопководство в Республике является одной из экспортоориентированных отраслей производства. Хлопкосеющие районы расположены в Ферганской долине, имеющей благоприятные для выращивания хлопчатника условия, на высоте 700–1200 м над уровнем моря. В настоящее время развитие и реформирование хлопководства сопровождаются возникновением ряда серьезных и нерешенных проблем, тормозящих поступательное и эффективное развитие отрасли.

На настоящий момент очень незначительны применение минеральных удобрений (примерно в 10 раз меньше союзного уровня), использование гербицидов, происходит износ ирригационной системы. Ежегодно по разным причинам 70–80 тыс. га остаются необработанными [3, с. 838].

Цель исследования: исследование возделываемых сортов хлопчатника в Кыргызской опытной станции по хлопководству (КОСХ).

Материалы и методы исследования

Селекционные опыты проводились согласно методическим указаниям, разработанным Всесоюзным научно-исследовательским институтом селекции и семеноводства хлопчатника (ВНИИССХ) им. Г.С. Зайцева [4]. Полевые опыты и селекционные питомники были заложены на полях КОСХ.

В коллекционном питомнике проводится ежегодное обновление семян – однократными деланками. Площадь деланки 7,2 м² – однократные, в однократной повторности, с одиночным стоянием растений (60х30 – 1). В биологических и селекционных питомниках в течение вегетационного периода проводились наблюдения за ростом и развитием растений. Для определения крупности коробочек, длины и выхода волокна, изучения технологических качеств волокна отбирались пробные образцы по 50, 100, 200 штук коробочек в указанном выше питомнике.

Опыты расширенных и конкурсных сортоиспытаний закладывались в 4-кратной повторности двухрядковыми деланками длиной 21 м, с размещением растений по схеме 60х30 – 2. В качестве стандарта

высеивался сорт Кыргызский-5. В расширенные испытания включены сорта и линии: Кыргызский-5, Кыргызский-6, Л-3, Л-8-1, Л-8, Л-13-14 и Флора.

Результаты исследования и их обсуждение

Кыргызская опытная станция по хлопководству расположена в восточной части долины Ош, в районе Кара-Суу. Почвенно-климатические условия Приферганской хлопковой зоны типичны для большинства хлопкосеющих хозяйств. Центральная станция находится в 9 км от районного центра г. Кара-Суу, более чем в 21 км от г. Ош. Станция была основана в 1958 г.

Рельеф местности в земледельческой зоне хозяйства преимущественно равнинный, благоприятный для самотечного орошения. Грунтовые воды залегают глубоко.

В области имеются более 150 горных рек. Они являются главными источниками орошения. Самая крупная река области – Карадарья, которая сливается в пределах Узбекистана с р. Нарын, в результате образуется р. Сырдарья.

Для полива сельскохозяйственных растений от реки Куршаб отведен канал Отуз-Адыр, который служит источником полива и для хлопчатника.

Температура воздуха, по существу, определяет темп развития растений. Это значит, что продолжительность межфазных периодов и сроки поступления фаз развития зависят от температуры: чем выше температура, тем короче межфазные периоды, однако очень высокие температуры угнетают растения и не ускоряют темпы их развития.

Метеорологические условия (по данным ГМС Кара-Суу) в 2019 г. были устойчивыми с переменной температурой и осадками различного характера.

Среднемесячная температура воздуха в период вегетации март–октябрь была выше многолетней. Летом температура достигает 40 °С и выше, в июне–августе выпадает только 10% годовой суммы осадков, со второй половины июля наступает воздушная и почвенная засуха. В апреле осадков было на 24,9 мм больше, а в мае на 30,1 мм меньше нормы, в остальные месяцы осадков выпадало около нормы. Относительная влажность воздуха в вегетационный период 2019 г. держалась около нормы (с незначительным отклонением). Сумма эффективных температур в апреле–сентябре была выше нормы. Преобладающее направление ветра – северо-восточное и юго-восточное.

Почвы опытной станции отличаются значительным разнообразием по плодот-

родию и мелиоративному состоянию. Содержание гумуса в пахотном горизонте почв земледельческой зоны колеблется в пределах 0,8–1,9%, валового азота – 0,10–0,16%, фосфора – 0,12–0,20% и калия – 2,3–2,5% [5, с. 16].

Климатические условия при наличии достаточного орошения позволяют выращивать здесь среднеспелые сорта хлопчатника.

Снижение урожайности хлопчатника в прошлом десятилетии объясняется его длительной монокультурой и развитием в результате этого болезней и вредителей, а также ухудшением агротехники. На сегодняшний день себестоимость хлопка-сырца понизилась, и это стало еще одной причиной снижения урожайности, поскольку, кроме КОСХ, крестьяне перешли на производство более выгодных видов продукции.

Чеканка хлопчатника сорта Кыргызский-3 проводится в один прием при наличии 15–17 плодовых ветвей. Начинать ее следует 20–25 июля и заканчивать не позднее 5 августа. На полях с неровным развитием растений чеканку надо проводить в два приема: вначале чеканят нормально развитые, а через 6–7 дней – остальные растения. Проводят ее обычно после полива. Поскольку хлопчатник – перекрестноопыляемая культура, то требуется обязательная пространственная изоляция между посевами разных сортов.

Хлопчатник (*Gossypium*), род кустарниковых растений семейства Мальвовые (*Malvaceae*). Ряд видов широко разводится ради волокна (хлопка) и семян. Из волокна вырабатывают ткани и нити, а из семян получают масло и другие продукты, применяемые в пищевой и других отраслях промышленности.

В 2019 г. весенне-полевые работы, несмотря на обильные дожди во многих регионах Республики, начались раньше обычного срока проведения в связи с ранним наступлением весны. Посев технических культур: хлопчатник посеян на 24,4 тыс. га, или на 106,0%, и на 1,4 тыс. га больше по сравнению с 2018 г.

За вегетационный период на опытах расширенного и конкурсного сортоиспытания на 10 этикетированных растениях проводились фенологические наблюдения за ростом и развитием растений. Промеры роста показали, что варьирование высоты главного стебля в зависимости от глубины обработки междурядий находится в пределах 25,3–38,4 см. Наибольшая высота главного стебля оказалась у сорта Кыргызский-5. По количеству бутонов преимущество имел сорт Л-13-14 при высоте роста 32,1 см (табл. 1).

Таблица 1
Показатели сортов хлопчатника

Сорта хлопчатника	M ± m	
	высота побега	количество бутона
Кыргызский-5	25,3 ± 0,11	2,3 ± 0,12
Кыргызский-5	38,4 ± 0,94	3,6 ± 0,11
Кыргызский-6	26,2 ± 0,60	2,7 ± 0,22
Флора	27 ± 0,94	3 ± 0,31
Флора	31,4 ± 0,33	3,3 ± 0,04
Л-3	33,7 ± 0,32	3,2 ± 0,10
Л-3	32,4 ± 0,49	2,1 ± 0,18
Л-8	28 ± 0,82	3 ± 0,31
Л-8	31,2 ± 0,23	3,4 ± 0,06
Л-8F	27,5 ± 0,62	2,4 ± 0,24
Л-8F	35,2 ± 0,40	2,8 ± 0,10
Л-13-14	32,1 ± 0,61	3,8 ± 0,21

Примечание: М – средняя арифметическая; m – средняя ошибка средней арифметической.

Комплексное гуматизированное минеральное удобрение (глауконит совместно с гуматизированным минеральным удобрением) оказывает положительное влияние на рост, развитие и урожайность хлопчатника сорта Кыргызский-5. При его применении ускоряются рост, развитие и созревание урожая, число коробочек возрастает на 10%, раскрываемость коробочек возрастает с 15,3% до 46,1%. Также удобрения положительно воздействуют на технологические свойства хлопкового волокна: увеличиваются выход волокна, крепость волокна и разрывная длина волокон [6, с. 96].

В настоящее время в хлопководстве имеется ряд серьезных и нерешенных проблем, тормозящих поступательное и эффективное развитие отрасли. В результате земельной реформы в настоящее время хлопководством занимаются мелкие крестьянские хозяйства, которые производят всего лишь более 60 тыс. т хлопка-сырца, тогда как в 1960–1980 гг. в районах Ошской, Джалал-Абадской и Баткенской областей производство хлопка-сырца достигало почти 200 тыс. т., производство хлопкового волокна – около 65 тыс. т., из них экспортировалось более 60%. После приобретения Республикой независимости посевы хлопчатника уменьшились: в 1991 г. – до 25,9 тыс. га, в 1993 г. – до 20,2 тыс. га. Валовое производство хлопка-сырца за эти годы составляло 62,5 тыс. т и 50 тыс. т соответственно. Стабильное увеличение производства хлопка-сырца, связанное с расширением площади посевов и ростом урожайности, началось с 1998 г., его валовое производство тогда составило 77,8 тыс. т, в 2004 г. – 121,7 тыс. т

(на площади 46,3 тыс. га). С этого периода снизился объем собираемого хлопка и соответственно засеваемой хлопчатником площади. Если в 2005 г. производство составило 118,1 тыс. т (на площади 45,5 тыс. га), то в 2015 г. посевная площадь хлопчатника составляла лишь 14,2 тыс. га, а валовой сбор – 43,5 тыс. т (рисунок).

Тенденция снижения производства хлопка-сырца и засеваемой площади под хлопчатник наряду с другими факторами тесно связана с закупочными ценами на хлопок-сырец. Снижение урожайности хлопчатника в прошлом десятилетии объясняется длительной монокультурой его и развитием в результате этого болезней и вредителей, а также ухудшением агротехники.

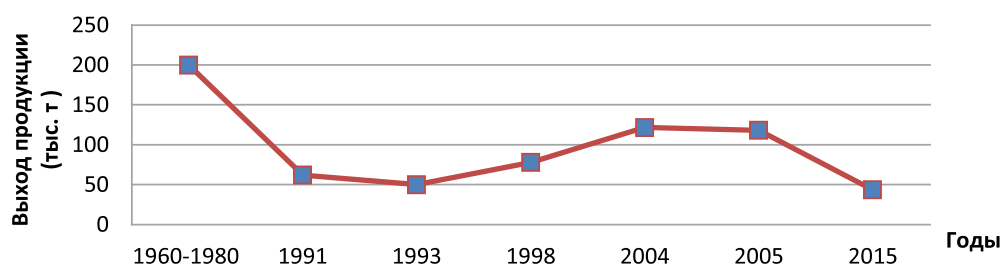
В хлопковых севооборотах опытной станции при посеве хлопчатника после люцерны (*Medicago*) в течение шести лет получена прибавка урожая хлопка-сырца по сравнению с бессменным выращиванием до 21,1 ц/га. Из однолетних предшественников наилучшее воздействие на почву оказывают суданская трава, сорго и кукуруза, превышающие по урожаю хлопчатника монокультуру от 3 до 5 ц/га.

Фермерам необходимы новые улучшенные сорта, имеющие длинное волокно, устойчивые к вредителям и болезням, встречающимся в Кыргызстане. В 2002 г.

был районирован новый сорт хлопчатника Кыргызский-5, который превышает по урожайности Кыргызский-3 на 3,0 ц/га, вилтоустойчив, с высоким качеством волокна, выход которого составляет 36%. Данный сорт успешно прошел все испытания и в 2003 г. был передан для дальнейшего размножения семеноводческому хозяйству «Бирлик» Араванского района и КОСХ Кара-Суйского района Ошской области. Согласно отчету текстильной биржи, Кыргызстан лидировал в производстве органического хлопка [7].

На сегодняшний день на опытной станции выращивают 3 местных сорта и китайский сорт хлопчатника К-44, который был районирован в 2014 г. (табл. 2).

Как видно из таблицы, вышеуказанные отечественные сорта хлопка имеют одинаковый период вегетации и отличаются от ранее районированных сортов скороспелостью, высокой урожайностью (свыше 37–40 ц/га) и высоким выходом волокна (36,9–37,9%). Сорт хлопка Кыргызский-5, который был районирован в 2002 г., выделяется по длине разрыва и по прочности волокна. На сегодняшний день он выращивается не только на юге Кыргызстана, но и в некоторых областях Узбекистана, где является основным сортом хлопчатника. Отличие этого сорта от других сортов состоит в том, что он соответствует всем методам агротехники.



Производство хлопка на юге Кыргызстана

Таблица 2

Доминирующие сорта хлопчатника станции

Характеристика волокна	Сорта хлопчатника		
	Кыргызский-5	Кыргызский-6	Канбакыт-80
Длина волокна (мм)	33,0	33,1	33,3
Масса коробочки (г)	5,8	5,6	5,8
Волокно (%)	36,9	37,6	37,9
Прочность волокна (г/мощ.)	4,8	4,5	4,6
Номер метрики (ед.)	5630	5720	5740
Длина разрыва (км)	27,0	26,0	26,4
Вегетационный период (дней)	135–140	135–140	135–140
Средняя урожайность (ц/га)	37–40	38–40	38–40

Сорт хлопка Кыргызский-6 отличается большой урожайностью и ранней спелостью. С получением положительных результатов по некоторым показателям этот сорт считался достижением станции после сорта Кыргызский-5. Как известно, чем тоньше волокно, тем оно прочнее, сорт Кыргызский-6 по этим данным (по номеру метрики) с малой разницей имеет одинаковый показатель с сортом Канбакыт-80.

Имеющий максимальную продуктивность сорт отечественной селекции Канбакыт-80, у которого длина волокна составляет 33,3 мм, был включен в список перспективных сортов с 2015 г. По выходу волокна и номеру метрики в единицах сорт Канбакыт-80 превышает Кыргызский-5 и Кыргызский-6.

В ходе фенологических наблюдений в 2019 г. было отмечено, что районированный китайский сорт хлопчатника К-44 в росте намного превосходит отечественные сорта (Кыргызский-6 и Канбакыт-80). Высота отечественных сортов – около 12–20 см, китайского сорта К-44 – в 2–3 раза больше. Поскольку сорт К-44 является теплолюбивым, то посев провели под пленкой на 10–15 дней раньше по сравнению с местными сортами, посев которых провели уже без пленки. Сумма эффективных температур для хлопчатника (выше 1214 °C) для нормального образования всходов сорта К-44 в условиях юга Кыргызстана (2017 г.) – 180 °C, для первых листьев – 295–300 °C, цветения – 270–1000 °C, коробочки (плода) – 270–1000 °C [8, с. 38]. Под пленкой К-44 созревает на 7–10 дней раньше отечественных. Китайский сорт дает более высокий урожай, чем другие отечественные сорта, но надо учитывать, что важно не обилие волокна, а наличие волокна с тонкой нитью. Таким образом, волокна отечественных сортов превосходят китай-

ский сорт прочностью и тонковолокнистостью. Волокна хлопка тонковолокнистых сортов бывают более крепкими и длиннее, чем волокна средневолокнистых сортов хлопчатника. Поэтому изготовленная из него пряжа получается в 1,5–2 раза более прочной, к тому же, будучи более извитыми и длинными, они лучше сцепляются между собой при прядении, следовательно, вырабатывается большее количество метров ценных и дорогостоящих тканей.

На участке, где был заложен опыт, провели следующие виды агротехнических мероприятий (табл. 3).

Рост и развитие хлопчатника зависят, прежде всего, от уровня обеспеченности его необходимыми элементами питания. Изучение содержания питательных веществ в почве под хлопчатником является неотъемлемой частью исследований, связанной с применением удобрений и различной густотой растений. Проведена листовая подкормка хлопчатника органо-минеральным удобрением «Care».

При посевной площади 24,4 тыс. га валовой сбор хлопчатника составил 45,6 тыс. т, что превысило аналогичный показатель прошлого года на 3,4 тыс. т.

В условиях юга Кыргызстана на хлопковых полях наиболее распространенным и вредоносным является хлопковая (бахчевая) тля (*Aphis gossypii* Glov.), также встречаются большая хлопковая тля (*Acyrtosiphon gossypii* Mordv.), наносит вред плодовым органам хлопчатника совка хлопковая (*Helicoverpa armigera* Hbn). Обыкновенный паутинный клещ (*Tetranychus telarius* L.) – сосущий вредитель хлопчатника. При отсутствии своевременных мер борьбы с этим вредителем потери урожая хлопка достигают 50% [9, с. 42–43]. Из болезней наибольший ущерб урожаю наносят вертициллезное увядание (вилт), гоммоз и корневая гниль.

Таблица 3

Агротехнические мероприятия

Дата	Характеристика агротехнических мероприятий
15.12.2018 г.	Зяблевая вспашка
10.04.2018 г.	Подготовка почвы к посеву
14.04.2019 г.	Посев хлопчатника
21.04.2019 г.	Первая продольная культивация
15.05.2019 г.	Кетменное мотыжение
16.05.2019 г.	Прореживание растений
26.05.2019 г.	Нарезка поливных борозд с внесением минеральных удобрений
29.05.2019 г.	Первый вегетационный полив
03.06.2019 г.	Вторая продольная культивация
07.06.2019 г.	Химическая обработка против сосущих вредителей

На хлопчатнике в массовом количестве зарегистрирована хлопковая совка. В условиях Ошской области этот вредитель распространен повсеместно и наносит большой вред плодовым органам хлопчатника, кукурузы, томатов, джугары, нута и других культур. Одна гусеница в течение своей жизни может повреждать до 18–20 плодовых органов хлопчатника [10, с. 86].

Закключение

В области хлопководства имеется несколько особо важных, органически взаимосвязанных проблем, которые сейчас в известной степени разрабатываются в ряде научно-исследовательских учреждений, но для их быстрее, эффективного завершения требуются усиление и расширение комплексных исследований на современном (молекулярном, клеточном и организменном) уровне. Также они должны быть разрешены в ближайшем будущем с применением различных подходов, оборудования, аппаратуры, которые смогут способствовать увеличению продуктивности хлопка при выращивании и найдут применение при производстве одной из самых востребованных сельскохозяйственных культур.

Авторы выражают глубокую благодарность коллективу КОСХ: к.т.н. С.А. Борубаеву, Б.А. Таибекову, А.Т. Тургунбаеву, М.А. Бостонбаеву.

Список литературы

1. Тер-Аванесян Д.В. Хлопчатник. Л.: «Колос», 1973. С. 3.
2. Абдуллаева Д.А., Козимова Ф.С., Кароматов И.Д. Хлопчатник перспективы применения как лечебного средства // Биология и интегративная медицина. 2017. № 10. С. 110.
3. Орозонова А.А., Акматалиев Т.А., Сеиткожиева М.У. Перспективы развития сельского хозяйства Кыргызской Республики // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 2. С. 838.
4. Зайцев Г.С. Методические указания селекцентра по хлопчатнику. Ташкент, 1980. С. 24.
5. Кыргызское научно-производственное объединение по земледелию, «Научно обоснованная система земледелия Кыргызской опытной станции по хлопководству». Фрунзе, 1988. 135 с.
6. Жоробекова Ш.Ж., Арзиев Ж.А., Жолдошов Б.С. Влияние комплексных гуматизированных минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность хлопчатника сорта «Кыргызская-5» // Наука, образование, техника. 2016. № 2. С. 87–97.
7. The Global Fashion Business Journal, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.themds.com/markets/organic-cotton-production-rises-56-and-reaches-eight-year-high.html> (дата обращения: 15.10.2020).
8. Каденова З.О. Влияние температуры на рост и развитие хлопчатника на юге Кыргызстана // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 1. С. 38.
9. Каденова З.О. Экологические группировки основных видов вредителей хлопчатника на юге Кыргызстана // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей II Международной научно-практической конференции (Пенза, 05 июня 2018 г.). В 4 частях / Ответственный редактор Гуляев Герман Юрьевич. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. С. 39–43.
10. Каденова З.О. Видовой состав вредителей семейства Noctuidae хлопчатника Кара-Суйского района ошской области // Вестник Ошского государственного университета. 2019. № 1. С. 87–88.

УДК 581.143.23(575.2)

ОСОБЕННОСТИ РОСТА САДОВЫХ ФОРМ *THUJA OCCIDENTALIS* L. В ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЕ

Мамытова М.Т., Ахматов М.К., Абдрашитова Ж.К.

Ботанический сад им. Э. Гареева Национальной Академии наук КР,
Бишкек, e-mail: medet60@mail.ru

Проведены исследования особенностей роста семи садовых форм *Thuja occidentalis* L. в Чуйской долине. Растения произрастают на интродукционном участке лаборатории экспериментальной ботаники Ботанического сада им. Э. Гареева НАН КР. Экспериментальные исследования были начаты после четырехлетних первичных интродукционных испытаний. Изучены четыре морфометрических показателя роста: высота растений, длина бокового побега, диаметр корневой шейки и количество вновь образовавшихся боковых побегов. Исследуемые объекты были привезены саженцами из Московского Государственного Университета леса. Семь садовых форм *Thuja occidentalis* L. по скорости роста можно разделить на четыре группы: весьма быстрорастущие – «Spiralis», быстрорастущие – «Ellwangeriana» и «Hoveyi», средней скорости роста – «Alba» и «Brabant», и медленнорастущие – «Globosa nana» и «Dumosa». Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что, чем с большей скоростью растут растения, тем быстрее они принимают декоративную форму. Все исследуемые объекты успешно прошли первичные интродукционные испытания, некоторые из них начали плодоносить. Изучено влияние стимуляторов роста на укоренение черенков, укорененные черенки пересажены в открытый грунт для доращивания и дальнейшей реализации.

Ключевые слова: особенности роста, морфометрические показатели, садовые формы, первичные интродукционные испытания, интродукция

FEATURES OF GROWTH OF GARDEN FORMS *THUJA OCCIDENTALIS* L. IN THE CHUA VALLEY

Mamytova M.T., Akhmatov M.K., Abdrashitova Zh.K.

Botanical Garden named after E. Gareev of the NAS KR, Bishkek, e-mail: medet60@mail.ru

The research of the peculiarities of growth of seven garden forms of *Thuja occidentalis* L. in the Chuy valley was carried out. Plants grow on the introduction site of the laboratory of experimental botany of the Botanical Garden named after E. Gareev of the NAS KR. Experimental studies began after four years of initial introductory trials. Four morphometric growth parameters were studied: plant height, lateral shoot length, root collar diameter, and the number of newly formed lateral shoots. The objects under investigation were brought by seedlings from the Moscow State Forest University. Seven garden forms of *Thuja occidentalis* L. according to their growth rate can be divided into four groups: very fast-growing – «Spiralis», fast-growing – «Ellwangeriana» and «Hoveyi», medium growth rates – «Alba» and «Brabant», and slow-growing – «Globosa nana» and «Dumos». The results of our research indicate that the faster the plants grow, the faster they take on a decorative form. All the objects under study have successfully passed the initial introduction tests, some of them began to bear fruit. The effect of growth stimulants on the rooting of cuttings is being studied, and the rooted cuttings are transplanted into open ground for growing and further implementation.

Keywords: features of growth, morphometric parameters, garden forms, primary introduction tests, introduction

Ботанический сад им. Э. Гареева НАН КР расположен в предгорной зоне Чуйской долины (в г. Бишкеке) на конусах выноса рек Аламедин и Ала-Арча, на высоте около 800 м над уровнем моря. Чуйская долина расположена в северной части Кыргызской Республики на высоте 550–4895 м над уровнем моря. Климат района исследований резко континентальный. Самый теплый период года – июль, самый холодный – январь. Зима в районе исследования холодная с частыми оттепелями и неустойчивым снеговым покровом. Для весны характерны поздние заморозки. Осень сухая и теплая, с ранним наступлением заморозков. Лето сухое и жаркое, с низкой влажностью воздуха. Район исследований характеризуется повышенной солнечной радиацией. Средние значения относительной влажности воздуха

не опускаются ниже 30% и не превышают 76%. Почвы представлены обыкновенным сероземом. Влияние неблагоприятных условий летнего периода на рост и развитие садовых форм *Thuja occidentalis* L. компенсируется регулярными поливами.

Среди голосеменных растений, используемых в озеленении Чуйской долины, большой интерес представляют садовые формы туи западной (*Thuja occidentalis* L.) из семейства Кипарисовые (*Cupressaceae* Gray). В большом количестве высаживаются *Thuja occidentalis* «Fastigiata» и меньше – *Thuja occidentalis* «Golden». Фрагментарно наблюдаются посадки *Thuja occidentalis* «Smaragd», однако она оказалась неустойчивой к весенним заморозкам. Этого, конечно, абсолютно недостаточно, так как есть потребность в расширении ассортимента

садовых форм туи западной. Эту проблему пытаются решить различные садовые центры, завозящие хвойные растения из Европы. Первоначально эти растения пользовались большим спросом среди населения, но оказалось, что они плохо адаптированы к природно-климатическим условиям Кыргызстана. Только интродукция и акклиматизация растений могут обеспечить спрос на качественный посадочный материал.

Хвойные растения часто включаются в ландшафтные композиции, поскольку являются вечнозелеными и сохраняют свою декоративность на протяжении всего года. Особой популярностью среди хвойных растений пользуется туя западная с ее многочисленными декоративными формами. Туя западная (*Thuja occidentalis* L.) относится к роду Туя (*Thuja*), семейству Кипарисовые (*Cupressaceae*). Родина – восточная часть Северной Америки, где она растет в лесах и на болотах. Это вечнозеленое дерево высотой 12–29 м. В молодом возрасте имеет густую, узкопирамидальную крону, а позднее – яйцевидную форму кроны. Хвоя чешуевидная, блестяще-зеленая, зимой бурозеленая, мелкая (0,2–0,4 см), плотно прижатая к побегу, функционирует 3 года и опадает вместе с мелкими веточками (веткопад). Шишки продолговатые, стоячие (10–15 мм), созревают осенью в год цветения [1]. Выведены многочисленные (более 120) декоративные формы туи западной [2].

Хвойные растения, в том числе *Thuja occidentalis* L. и ее садовые формы, по своей биологии и морфологии, росту и развитию, а также устойчивости к неблагоприятным факторам среды представляют особую группу растений. В связи с этим изучение особенностей роста этих растений в новых климатических и экологических условиях Чуйской долины представляет большой интерес. Введение их в культуру позволит расширить скудный ассортимент садовых форм *Thuja occidentalis* L. и предложить для озеленения.

Основной целью биоморфологических исследований декоративных растений является изучение особенностей становления жизненной формы в онтогенезе в целях создания декоративного эффекта. Интенсивность и продолжительность декоративного эффекта оцениваются как в онтогенезе, так и в течение вегетационного периода [3].

В публикациях по интродукции садовых форм *Thuja occidentalis* L. приводятся результаты исследований особенностей роста на северо-востоке европейской части России [4], в Коми [5], в Южно-Уральском регионе [6] и условиях Северного Таджикистана [7].

Цель исследования: изучить особенности роста семи садовых форм *Thuja occidentalis* L. в условиях Чуйской долины.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований являлись семь садовых форм *Thuja occidentalis* L.: «Ellwangeriana», «Globosa nana», «Hoveyi», «Spiralis», «Alba», «Brabant» и «Dumosa». Исследуемые объекты были привезены саженцами из Московского Государственного Университета леса – 6 садовых форм в 2012 г. и «Dumosa» в 2015 г. Каждая садовая форма представлена в количестве одного экземпляра. Все растения одного размера – 15 см.

Для изучения роста садовых форм туи западной определяли следующие морфометрические показатели: рост в высоту, длину бокового побега, диаметр корневой шейки и количество вновь образовавшихся боковых побегов. Высоту и длину измеряли метровой линейкой, а диаметр корневой шейки – штангенциркулем. Измерения проводили с мая по октябрь–ноябрь 1 раз в месяц. В таблицах приведены годовые данные.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведены исследования растений, произрастающих на интродукционном участке лаборатории экспериментальной ботаники Ботанического сада им. Э. Гареева НАН КР.

Изучение особенностей роста садовых форм *Thuja occidentalis* L. были начаты после четырехлетних первичных интродукционных испытаний. В табл. 1 представлены результаты исследований высоты растений *Thuja occidentalis* L. за 4 года – с 2016 по 2019 гг. У шести садовых форм высоту растений начали определять на четвертый, а «Dumosa» – на второй год после посадки на интродукционный участок. Первоначально выше всех была «Spiralis» – 150 см, по 100 см высотой «Ellwangeriana» и «Hoveyi», а «Brabant» и «Alba» – 95 и 80 см соответственно. Так как «Globosa nana» – карликовая форма туи западной, то и высота ее была небольшой – 25 см. «Dumosa» характеризуется небольшой высотой – 31 см, что объясняется небольшим двухлетним периодом роста. Максимальный прирост в высоту у изученных объектов исследований приходится на разные годы. Так, у «Spiralis», «Alba» и «Brabant» на 2016 г. он составлял соответственно 60, 37 и 31 см, у «Ellwangeriana» и «Globosa nana» на 2017 г. – 47 и 12 см, а у «Hoveyi» и «Dumosa» на 2019 г. – 50 и 27 см. Наибольшим четырехлетним общим при-

ростом в высоту характеризуется «Spiralis» – 220 см. Прирост более и около 100 см наблюдается у «Ellwangeriana», «Hoveyi», «Brabant» и «Alba» – 154, 140, 115 и 97 см соответственно. Растения «Dumosa» и «Globosa nana» выросли на 48 и 41 см. Данные по высоте растений следующие: максимальная 370 см у «Spiralis», более 200 см у «Ellwangeriana», «Hoveyi» и «Brabant», 177 см у «Alba», а у «Globosa nana» и «Dumosa» минимальная.

Длину боковых побегов измеряли в 2018 и 2019 гг., так как только к этому времени сформировались полноценные боковые побеги. Исследования длины бокового побега (табл. 2) показали, что максимальный двухлетний прирост наблюдается у садовой формы «Ellwangeriana». Прирост в 37,67 см характерен для «Spiralis». Более чем на 20 см длиннее стали боковые побеги «Hoveyi», «Alba» и «Brabant». В течение двух лет минимальные показатели роста в длину отмечены у боковых побегов «Globosa nana» и «Dumosa», соответственно 14,34 и 17 см. Как и должно быть, у карликовой формы «Globosa nana» и «Spiralis» небольшая длина бокового побега – 32 см и 81 см, у «Dumosa» – 78 см, у остальных четырех форм – более 100 см.

Также параметрами роста являются диаметр корневой шейки и его утолщение (табл. 3). Наибольший рост в толщину кор-

невой шейки отмечен с 2016 по 2017 гг. Четырехлетние экспериментальные данные показали, что наименьшее утолщение корневой шейки отмечено у «Globosa nana» и «Dumosa» – 1,8 и 1,4 мм соответственно. У остальных пяти форм диаметр увеличился на 3,4–4,4 мм. Максимальным диаметром корневой шейки отличаются «Hoveyi», «Spiralis» и «Alba».

Данные о еще одном показателе роста – количестве вновь образовавшихся боковых побегов – представлены в табл. 4. В мае 2016 г. в начале постановки эксперимента наибольшее количество боковых побегов наблюдается у *Thuja occidentalis* «Spiralis» – 35 шт., а наименьшее – у *Thuja occidentalis* «Dumosa» – 6 шт. В течение четырех лет исследований, в разные годы новых боковых побегов насчитывалось от 2 до 11 шт. в зависимости от садовой формы туи западной. Общее количество вновь образовавшихся боковых побегов у садовых форм следующее: «Dumosa» – 13 шт., «Globosa nana» – 18 шт., «Alba» – 24 шт., «Ellwangeriana» – 27 шт., «Hoveyi» – 28 шт., «Spiralis» – 30 шт. и «Brabant» – 31 шт. Лучшие результаты у садовых форм, у которых появилось более 20 шт. новых образовавшихся боковых побегов. Это свидетельствует о том, что быстрее формируется габитус у тех садовых форм, у которых появляется больше новых боковых побегов.

Таблица 1

Высота растений садовых форм *Thuja occidentalis* L., см (2016–2019 гг.)

№	Садовые формы	Первоначальная высота, см (25.05.2016)	Высота растений, см				Общий прирост в высоту, см
			31.10. 2016	27.11. 2017	27.11. 2018	28.10. 2019	
1	«Ellwangeriana»	100	127	174	217	254	154
2	«Globosa nana»	25	32	44	54,5	66	41
3	«Hoveyi»	100	131	170	190	240	140
4	«Spiralis»	150	210	261	310	370	220
5	«Alba»	80	117	146	160	177	97
6	«Brabant»	95	126	153	180	210	115
7	«Dumosa»	31	33	40	52	79	48

Таблица 2

Длина бокового побега садовых форм *Thuja occidentalis* L., см (2018–2019 гг.)

№	Садовые формы	Первоначальная длина бокового побега, см (25.05.2018)	Длина бокового побега, см		Двухлетний прирост бокового побега, см
			27.11.2018	28.10.2019	
1	«Ellwangeriana»	94,66 ± 0,46	119,33 ± 0,61	145,00 ± 0,66	50,34
2	«Globosa nana»	17,66 ± 0,08	22,66 ± 0,12	32,00 ± 0,17	14,34
3	«Hoveyi»	135,33 ± 0,83	144,66 ± 0,77	165,00 ± 0,32	29,67
4	«Spiralis»	43,33 ± 0,21	58,66 ± 0,28	81,00 ± 0,18	37,67
5	«Alba»	98,33 ± 0,47	106,66 ± 0,55	122,66 ± 0,22	24,33
6	«Brabant»	105,33 ± 0,52	114,66 ± 0,56	128,33 ± 0,27	23
7	«Dumosa»	61,00 ± 0,33	68,00 ± 0,34	78,00 ± 0,16	17

Таблица 3

Диаметр корневой шейки садовых форм *Thuja occidentalis* L., мм (2016–2019 гг.)

№	Садовые формы	Диаметр коревой шейки, мм (26.05. 2016)	Диаметр корневой шейки, мм				Утолщение диаметра корневой шейки за четыре года, мм
			31.10. 2016	27.10. 2017	27.11. 2018	28.10. 2019	
1	«Ellwangeriana»	3,0	3,1	5,8	6,2	6,6	3,6
2	«Globosa nana»	0,5	0,6	1,5	2,0	2,3	1,8
3	«Hoveyi»	3,9	3,9	6,3	7,0	7,3	3,4
4	«Spiralis»	4,8	4,8	7,7	8,7	9,1	4,3
5	«Alba»	3,7	3,7	6,4	7,0	7,8	4,1
6	«Brabant»	3,5	3,5	6,0	6,5	6,9	3,4
7	«Dumosa»	1,8	1,8	2,7	3,1	3,2	1,4

Таблица 4

Количество вновь образовавшихся боковых побегов садовых форм *Thuja occidentalis* L., шт. (2016–2019 гг.)

№	Садовые формы	Количество боковых побегов, шт. (25.05.2016)	Количество вновь образовавшихся боковых побегов, шт.				Общее количество вновь образовавшихся боковых побегов, шт.
			31.10. 2016	27.11. 2017	27.11. 2018	28.10. 2019	
1	«Ellwangeriana»	25	4	6	6	11	27
2	«Globosa nana»	14	2	5	6	5	18
3	«Hoveyi»	27	6	7	6	9	28
4	«Spiralis»	35	5	8	7	10	30
5	«Alba»	28	4	6	7	7	24
6	«Brabant»	21	5	6	10	10	31
7	«Dumosa»	6	2	3	4	4	13

Заключение

Семь садовых форм *Thuja occidentalis* L. по скорости роста можно разделить на четыре группы: весьма быстрорастущие – «Spiralis», быстрорастущие – «Ellwangeriana» и «Hoveyi», средней скорости роста – «Alba» и «Brabant», и медленнорастущие – «Globosa nana» и «Dumosa». Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что, чем выше скорость роста растений, тем быстрее они принимают декоративную форму. Изученные четыре параметра роста, такие как высота, длина боковых побегов, диаметр корневой шейки и количество вновь образовавшихся побегов, дают достоверные данные об особенностях роста садовых форм *Thuja occidentalis* L. в Чуйской долине. Все исследуемые объекты успешно прошли первичные интродукционные испытания, некоторые из них начали плодоносить. Маточные растения достигли требуемой высоты и приняли соответствующую им форму, что дало возможность перейти к вегетативному размножению. Изучается влияние стимуляторов роста на укоренение черенков, а укорененные черенки пересажены в от-

крытый грунт для доращивания и дальнейшей реализации.

Список литературы

1. Громадин А.В., Матюхин Д.Л. Дендрология. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 368 с.
2. Карпун Ю.Н., Перфильева Г.Ф. Классификация садовых форм туи западной (*Thuja occidentalis* L.) // Hortus botanicus. 2004. № 2. С. 33–41.
3. Кузнецова О.В., Васильева О.Ю., Шауло Д.Н. Интродукция декоративных растений разных жизненных форм в условиях резко континентального климата западной Сибири // Вестник ИрГЦХА. 2011. № 44–1. С. 89–96.
4. Мартынов Л.Г. Интродукция туи западной (*Thuja occidentalis* L.) на северо-востоке Европейской части России // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования: материалы Всероссийской научной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 445–448.
5. Мартынов Л.Г. Виды хвойных в коллекции Ботанического сада Института биологии Коми Научного центра и перспективы их использования в озеленении // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2015. Вып. 1 (21). С. 36–43.
6. Герасимова Е.Ю., Абаймов В.Ф., Кулагин А.А. Декоративные формы и сорта хвойных древесных растений, рекомендуемые для озеленения Южно-Уральского региона (на примере г. Оренбурга) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26. № 1. С. 63–69.
7. Джурабаева М.О. Рост и развитие хвойных растений в условиях Северного Таджикистана // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2018. Т. 61. № 7–8. С. 679–684.

УДК 57.045:551.58:616.12-009.72(571.122)

УРОВЕНЬ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСЬСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ ПО ИНДЕКСУ ЗДОРОВЬЯ

Соколов С.В.

*БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет»,
Сургут, e-mail: ccv121@rambler.ru*

Комплексная оценка климатических условий проживания населения северных территорий является одним из основных подходов в выявлении биотропного влияния климатических факторов на уровень здоровья населения, проживающего на данной территории. Представлены результаты исследований по комплексной биоклиматической оценке территории ХМАО – Югры и их связи с индексом здоровья населения. При выполнении исследований были использованы база срочных метеорологических данных за 2000–2018 гг. для городских поселений ХМАО – Югры и сборники статистических материалов «Здоровье населения ХМАО – Югры и деятельность медицинских организаций» за 2000–2018 гг. Для анализа статистической информации о здоровье населения использовался метод кластер-анализа и ранжирования каждой из групповых оценок. По результатам обработки статистической информации проведена единая комплексная оценка по индексу здоровья для городских поселений и районов округа, получены базовые среднегодовые показатели индекса здоровья населения на территории округа и оценочные биоклиматические характеристики для городских поселений и районов округа. При факторном анализе выявлено различие в перечне факторов, оказывающих влияние на уровень здоровья населения, для городских поселений и районов округа. Это различие в перечне факторов, вероятно, связано с локальными климатическими процессами на территориях городских поселений. Это касается и направленности степени воздействия рассмотренных биоклиматических факторов на уровень здоровья населения. Результаты данных исследований позволяют сформулировать требования к методу комплексной оценки здоровья населения региона с учетом влияния биоклиматических факторов, расширяют возможности социально-экологической оценки качества жизни населения региона.

Ключевые слова: индекс здоровья, биоклиматические факторы, социально-экологическая оценка, регрессионный анализ, климатическая комфортность

THE LEVEL OF CLIMATIC COMFORT OF THE TERRITORY OF THE KHANTA-MANSI AUTONOMOUS REGION – UGRA AND THE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION ACCORDING TO THE HEALTH INDEX

Sokolov S.V.

Surgut state university, Surgut, e-mail: ccv121@rambler.ru

Comprehensive assessment of the climatic conditions of the population of the northern territories is one of the main approaches in identifying the biotropic influence of climatic factors on the level of health of the population living in the territory. The results of studies on the comprehensive bioclimatic assessment of the territory of HMAO – Ugra and their connection with the health index of the population are presented. The research was carried out using the database of urgent meteorological data for 2000–2018 for urban settlements of HMAO Ugra and collections of the population of HMAO – Ugra and the activities of medical organizations» for 2000–2018. A cluster analysis and ranking method for each group assessment was used to analyze the statistical information on public health. Based on the statistical information, a single comprehensive assessment of the health index for urban settlements and districts was carried out, the basic annual averages of the health index of the population in the district were obtained and the estimated bioclimatic characteristics for urban settlements and districts were obtained. The factor analysis revealed a difference in the list of factors affecting the health of the population for urban settlements and district areas. This difference in the list of factors is likely to be related to local climatic processes in urban settlement areas. This also applies to the extent to which bioclimatic factors are affected by the health of the population. The results of these studies allow to formulate requirements for the method of comprehensive assessment of the health of the population of the region, taking into account the influence of bioclimatic factors, and expand the possibilities of socio-ecological assessment of the quality of life of the population of the region.

Keywords: health index, bioclimatic factors, socio-ecological assessment, regression analysis, climate comfort

Определение уровня комфортности проживания населения на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО – Югры) и учет региональных климатических изменений важны для определения оптимального числа воздействующих факторов на здоровье населения и служат

составляющими оценки качества жизни региона в плане изучения народонаселения.

Комплексная оценка климатических условий проживания населения северных территорий является одним из основных подходов в выявлении биотропного влияния климатических факторов на уровень

здоровья населения, проживающего на данной территории.

Для социально-экологической оценки качества жизни населения и уровня здоровья территории целесообразно применение интегрированных показателей, включающих следующие характеристики: рождаемость, обращаемость в лечебные учреждения, заболеваемость, смертность. Таким совокупным показателем может быть разработанный рядом авторов для других регионов индекс здоровья [1]. Актуально применение этого показателя в регионах с активными метеорологическими процессами, сопровождающимися значительными колебаниями метеорологических показателей и повышающими риски для здоровья населения. Подобная биоклиматическая оценка позволяет определить степень и характер воздействия климатических факторов и их комплекс на здоровье населения северных территорий, выявить их медико-климатический потенциал с целью рационального использования этих условий в профилактике заболеваний, вызванных погодноклиматическими условиями [2].

Использование современных методов научного исследования: системного анализа, математического и картографического моделирования с применением геоинформационных технологий – позволит решить ряд теоретических и методологических проблем в оценке уровня здоровья населения северных территорий.

Актуальность комплексной характеристики биоклиматического потенциала региона и анализ их пространственно-временных изменений были показаны в ранее проведенных исследованиях [3, 4].

В статье представлены результаты комплексной биоклиматической оценки территории ХМАО – Югры, исследований пространственного распределения показателей климатической комфортности как показателя биоклиматических ресурсов и их связь с индексом здоровья населения.

Цели данной работы – проведение комплексного анализа биоклиматических условий и оценка уровня индекса здоровья населения ХМАО – Югры, выявление территориальной дифференциации уровня здоровья населения и установление степени влияния на уровень здоровья населения комплекса биоклиматических факторов и их изменчивости.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований были использованы следующие методологические параметры: оценка отклонений отдельных статистических показателей здоровья на-

селения от соответствующих средних значений выбранных признаков для районов и городских поселений округа, оценка уровня биотропности климатических характеристик этих территорий в соответствии с методами, используемыми в прикладной биометеорологии, медико-метеорологических исследованиях для оценки их патогенности [5, 6], а также степень влияния биоклиматических характеристик на уровень здоровья населения.

Для выполнения исследований были использованы база срочных метеорологических данных [7] за 2000–2018 гг. для городских поселений ХМАО – Югры и сборники статистических материалов «Здоровье населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и деятельность медицинских организаций» [8] за 2000–2018 гг.

Для проведения настоящего исследования в соответствии с поставленными задачами были выбраны следующие показатели.

1. Индекс здоровья (ИЗ) как социально-экологическая оценка качества жизни населения региона. Для его определения использовали следующие статистические показатели [1]: рождаемость, смертность взрослого населения и детская смертность, обращаемость детского и взрослого населения в лечебные учреждения, смертность взрослого населения от онкологических заболеваний.

2. Интегральный индекс патогенности погоды суток (ИППС) – показатель, указывающий на характер раздражающего воздействия климата на организм. Определение этого показателя проводилось по формуле [6].

3. Коэффициент комфортности погоды суток (ККПС) – для оценки доли комфортных погод в годовом балансе; рассчитан как отношение количества дней с комфортными погодными условиями (КДК) к общему годовому количеству дней (ГКД):

$$\text{ККПС} = \text{КДК} / \text{ГКД} \text{ (усл. ед.)}$$

4. Индекс суровости метеорежима – биологический индекс смены метеоусловий (БИСМ, усл. ед.) по В.Ш. Белкину [9]. Это интегральный показатель эмпирической меры комфорта, отражающий суровость климатического влияния на организм человека с учетом температуры атмосферного воздуха, барометрического давления, скорости ветра, относительной влажности и солнечной радиации.

5. Биологически активная температура окружающей человека среды (БАТ, град.) [6] – определяет уровень комплексного воздействия температуры и влажности воздуха, скорости ветра, суммарной солнеч-

ной радиации, длинноволновой радиации подстилающей поверхности.

6. Внутрисуточная (ВСИ) и межсуточная (МСИ) изменчивости температуры атмосферного воздуха (Тав), атмосферного давления (АДав), весового содержания кислорода в атмосферном воздухе (ВСКав) [10].

Для анализа статистической информации о здоровье населения использовался метод кластер-анализа и ранжирования каждой из групповых оценок. По результатам обработки статистической информации проведена единая комплексная оценка по индексу здоровья жителей городских поселений и районов округа.

По среднегодовым значениям биоклиматических характеристик и индекса здоровья построена линейная модель множественной регрессии с определением коэффициентов парной, частной и множественной корреляции, скорректированных коэффициентов множественной детерминации. Оценка статистической надежности уравнения регрессии и коэффициента детерминации проводилась с использованием *F*-критерия Фишера. Статистически значимыми считали результаты при $p < 0,05$. Все вычислительные операции проводились с использованием пакета программ Statistica 6.0.

Картографическая модель распределения индекса здоровья для ХМАО – Югра построена с использованием ГИС-технологий на базе MAPINFO.

Результаты исследования и их обсуждение

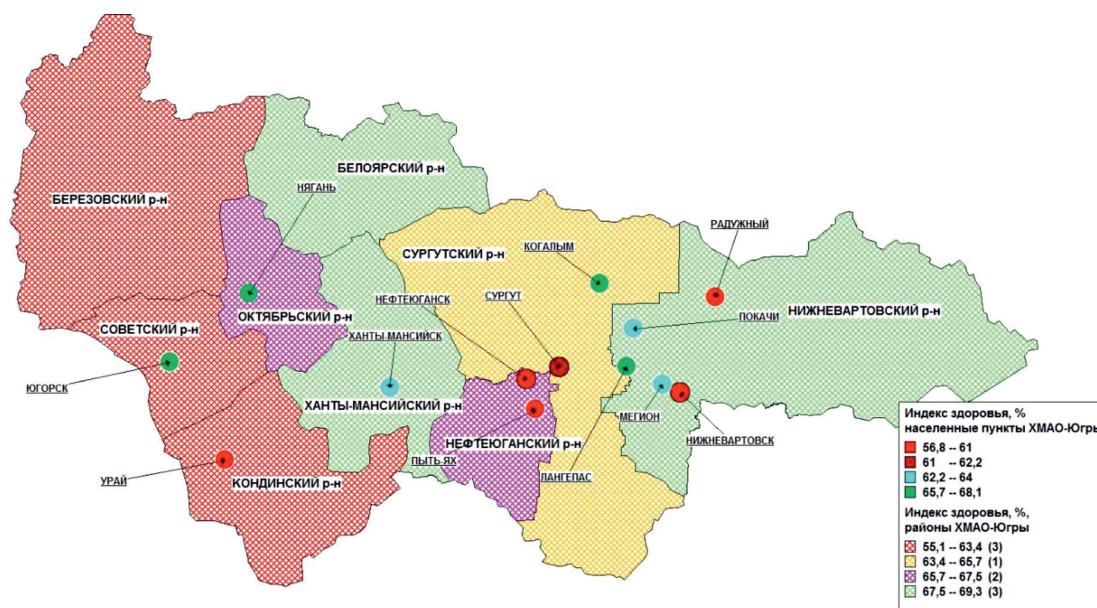
В результате проведенных исследований получены базовые среднегодовые показатели индекса здоровья населения на территории ХМАО – Югры и оценочные биоклиматические характеристики для городских поселений и районов округа (табл. 1, 2).

При анализе оценочных биоклиматических характеристик по городским поселениям ХМАО – Югры отмечена вариабельность этих показателей (табл. 1). В частности, самое низкое значение индекса патогенности погоды суток регистрируется в городах Югорске, Урае, Нягани (28,3–28,4 балла), а самое высокое – в городах Когалыме, Радужном и Покачи (34,1–34,7 балла). Это западная и восточная части ХМАО – Югры. В то же время самый низкий коэффициент комфортности погоды суток отмечается в г. Сургуте, самый высокий – в городах Пыть-Яхе, Нягани и Югорске. В этих городах регистрируются сравнительно высокие значения биологически активной температуры. Высокий уровень внутрисуточной изменчивости атмосферного давления и весового содержания кислорода в атмосферном воздухе отмечен для городов Пыть-Ях, Урай, Югорск на фоне повышенных значений биологического индекса суровости метеорежима и биологически активной температуры.

Таблица 1

Среднегодовые значения индекса здоровья населения и биоклиматических характеристик по городам ХМАО – Югры за период 2000–2018 гг.

Населённые пункты	ИПС, балл	КПС, усл. ед.	БИСМ, усл. ед.	БАТ, °С	ВСИ Тав, °С	ВСИ Рав, Гпа	ВСИ ВСКав, г/м³	МСИ Тав, °С	МСИ Рав, Гпа	МСИ ВСКав, г/м³	ИЗ, %
Сургут	33,6	0,067	2,5	6,48	7,00	5,94	8,731	3,21	5,26	4,753	61,0
Ханты-Мансийск	29,6	0,113	7,1	9,77	7,06	6,07	8,709	3,03	5,09	4,535	64,0
Радужный	34,1	0,083	4,5	6,91	7,19	5,75	8,709	3,37	5,29	4,994	60,4
Нижневартовск	33,5	0,076	3,8	6,96	6,86	5,96	8,535	3,14	5,31	4,688	58,7
Нефтеюганск	32,2	0,088	3,4	7,45	7,26	5,96	8,974	3,20	5,21	5,269	56,9
Когалым	34,7	0,077	3,3	5,89	7,27	6,08	9,195	3,32	5,28	4,984	65,7
Югорск	28,3	0,117	7,5	10,42	7,97	5,64	9,504	2,97	4,84	4,097	65,7
Урай	28,4	0,094	5,4	9,76	7,87	5,39	9,275	2,95	4,79	4,284	60,4
Лангепас	33,5	0,076	3,8	6,96	6,86	5,95	8,535	3,14	5,31	4,688	68,1
Мегион	33,5	0,076	3,8	6,96	6,86	5,96	8,535	3,14	5,31	4,688	62,2
Нягань	28,3	0,117	7,5	10,42	7,97	5,64	9,504	2,97	4,84	4,097	66,3
Покачи	34,7	0,077	3,3	5,89	7,27	6,08	9,195	3,32	5,28	4,984	62,2
Пыть-Ях	30,2	0,123	7,0	10,11	8,13	6,19	9,941	3,11	5,19	4,647	60,4



*Картографическая модель распределения индекса здоровья населения
(по муниципальным образованиям ХМАО – Югры)*

На фоне отмеченных изменений биоклиматических характеристик самое низкое значение индекса здоровья отмечается в городах Нефтеюганске и Нижневартовске (соответственно 56,9% и 58,7%), что показано на рисунке и в табл. 1.

Проведенный регрессионный анализ позволил установить связи и закономерности, выражающиеся следующими уравнениями:

$$ИЗ = 2,8 * БИСМ - 2,09 * ИППС - 4,73 * БАТ,$$

$$ИЗ = -0,5 * ВСИ_{Тав} - 0,2 * ВСИ_{Рав} + \\ + 0,547 * ВСИ_{ВСКав O_2},$$

$$ИЗ = 0,61 * МСИ_{Тав} + 0,27 * МСИ_{Рав} - \\ - 1,23 * МСИ_{ВСКав O_2}.$$

Полученные уравнения регрессии показывают взаимосвязь между индексом здоровья по городам ХМАО – Югры и биоклиматическими показателями, характерными для городских поселений округа. По результатам регрессионного анализа установлена значимость рассмотренных биоклиматических показателей в оценке их влияния на величину индекса здоровья. Коэффициенты регрессии для некоторых биоклиматических факторов больше 1 принимают как положительные значения (биологический индекс суровости метеорежима – воздействующий фактор, при увеличении его значений происходит рост показателя индекса здоровья), так и отрицательные (индекс па-

тогенности погоды суток, биологически активная температура, межсуточная изменчивость атмосферного давления, межсуточная изменчивость весового содержания кислорода в атмосферном воздухе – воздействующие факторы, при увеличении их значений происходит уменьшение величины индекса здоровья). При этом коэффициент множественной детерминации больше 3,1 указывает на значимость уравнений регрессии ($p > 0,05$). Определенные частные коэффициенты корреляции, принимающие значение 0,40–0,50, указывают на умеренную связь изменения величины индекса здоровья и колебаний рассмотренных биоклиматических факторов.

Анализ сводных (усреднение по городским поселениям в соответствии с принадлежностью к районам) оценочных биоклиматических характеристик по районам ХМАО – Югры указывает на вариабельность этих показателей (табл. 2). В частности, самое низкое значение индекса патогенности погоды суток регистрируется в Кондинском и Советском районах (27,3–28,7 балла), а самое высокое – в Нижневартовском и Белоярском районах (33,1–32,6 балла). Это западная и восточная части ХМАО – Югры. В то же время самый низкий коэффициент комфортности погоды суток отмечается в Сургутском районе, самый высокий – в Ханты-Мансийском и Нижневартовском районах. В этих городах регистрируются сравнительно высокие значения биологически активной температуры.

Таблица 2

Среднегодовые значения индекса здоровья населения и биоклиматических характеристик по районам ХМАО – Югры за период 2000–2018 гг.

Районы	ИППС, балл	ККПС, усл. ед.	БИСМ, усл. ед.	БАТ, °С	ВСИ Тав, °С	ВСИ Рав, Гпа	ВСИ ВСКав, г/м³	МСИ Тав, °С	МСИ Рав, Гпа	МСИ ВСКав, г/м³	ИЗ, %
Ханты-Мансийский район	29,7	0,113	7,1	9,71	7,08	6,07	8,718	3,03	5,09	4,531	69,3
Белоярский район	32,6	0,083	6,5	8,04	8,08	5,96	10,039	3,30	5,17	4,926	67,5
Березовский район	31,3	0,076	7,0	9,57	8,49	5,89	10,313	3,11	5,04	4,650	61,6
Кондинский район	27,3	0,088	6,4	10,44	7,67	5,41	9,008	2,94	4,90	4,286	55,1
Нефтеюганский район	31,0	0,077	4,8	8,29	7,71	5,89	9,110	3,10	5,16	4,597	66,3
Октябрьский район	29,5	0,094	7,8	10,33	7,55	5,83	9,114	2,93	4,95	4,124	65,7
Советский район	28,7	0,076	7,4	10,27	8,98	5,48	10,578	2,86	4,74	4,290	63,4
Нижневартовский район	33,1	0,117	5,5	7,85	7,72	6,01	9,587	3,27	5,28	4,863	68,7
Сургутский район	32,1	0,067	5,5	8,35	7,59	5,97	9,390	3,18	5,20	4,741	65,1

Высокий уровень внутрисуточной изменчивости атмосферного давления и весового содержания кислорода в атмосферном воздухе отмечен в Белоярском, Берёзовском и Советском районах на фоне повышенных значений биологического индекса суровости метеорежима и биологически активной температуры.

На фоне отмеченных изменений биоклиматических характеристик самое низкое значение индекса здоровья отмечается в Кондинском районе (55,1 %), что показано на рисунке и в табл. 2.

Проведенный регрессионный анализ позволил установить связи и закономерности, выражающиеся следующими уравнениями:

$$ИЗ = 2,27 \cdot БИСМ + 2,56 \cdot ИППС - 1,81 \cdot БАТ,$$

$$ИЗ = 0,7 \cdot ВСИ Тав + 1,04 \cdot ВСИ Рав - \\ - 0,52 \cdot ВСИ ВСКав O_2,$$

$$ИЗ = -0,7 \cdot ВСИ Тав + 0,86 \cdot МСИ Рав + \\ + 0,42 \cdot МСИ ВСКав O_2.$$

Уравнения регрессии демонстрируют связь изменчивости биоклиматических факторов и индекса здоровья для районов округа. В результате установлена значимость рассмотренных биоклиматических показателей в оценке их влияния на величину индекса здоровья. Коэффициенты регрессии для некоторых биоклиматических факторов больше 1 принимают как положительные значения (биологический индекс суровости метеорежима, индекс патогенности погоды суток, внутрисуточная изменчивость

атмосферного давления – воздействующие факторы, при увеличении их значений происходит рост показателя индекса здоровья), так и отрицательные (биологически активная температура – воздействующий фактор, при увеличении ее значений происходит уменьшение величины индекса здоровья). При этом коэффициент множественной детерминации больше 3,1 указывает на значимость уравнений регрессии ($p > 0,05$). Определенные частные коэффициенты корреляции принимают значение 0,40–0,47, что указывает на умеренную связь изменения величины индекса здоровья с влиянием изменения рассмотренных биоклиматических факторов.

В результате проведенных исследований установлена значимость рассмотренных биоклиматических факторов, влияющих на уровень здоровья населения, проживающего на территории ХМАО – Югры. Закономерность их влияния подтверждается коэффициентами множественной детерминации.

При факторном анализе выявлено различие в перечне факторов, оказывающих влияние на уровень здоровья населения для городских поселений и районов округа. В частности, для городских поселений более значимы биологический индекс суровости метеорежима, индекс патогенности погоды суток, биологически активная температура, межсуточная изменчивость атмосферного давления, межсуточная изменчивость весового содержания кислорода в атмосферном воздухе, а для районов – биологический индекс суровости метеорежима, индекс патогенности погоды суток, внутрисуточная

изменчивость атмосферного давления, биологически активная температура. Это различие в перечне факторов, вероятно, связано с локальными климатическими процессами на территориях городских поселений. Это касается и направленности степени воздействия рассмотренных биоклиматических факторов на уровень здоровья населения.

Таким образом, результаты данных исследований позволяют сформулировать требования к методу комплексной оценки здоровья населения региона с учетом влияния биоклиматических факторов, расширяют возможности социально-экологической оценки качества жизни населения региона.

Выводы

Установлены закономерность и степень влияния биоклиматических факторов на уровень здоровья населения ХМАО – Югры, что позволяет использовать данный метод в социально-экологической оценке качества жизни населения региона. Применение показателя «индекс здоровья» обеспечивает простоту понимания степени влияния климатических факторов на здоровье населения северных территориях, а установленные закономерности могут быть использованы в определении задач по профилактике метеообусловленных заболеваний и для формулирования прогностических оценок при изучении народонаселения.

Список литературы

1. Федотов Ю.Д. «Индекс здоровья» как показатель объективной оценки качества жизни населения регионов финно-угорского пространства // Проблемы повышения ка-

чества жизни населения в регионах Российской Федерации: Сб. тр. конф. Сер. IV Сухаревские чтения. Саранск, 2015. С. 138–144.

2. Ревич Б.А., Малеев В.В. Изменения климата и здоровье населения России: анализ ситуаций и прогнозные оценки. М.: ЛЕНАНД, 2011. 208 с.

3. Невидимова О.Г., Янкович Е.П., Янкович К.С. Оценка биоклиматических ресурсов центральной и южной частей западной Сибири // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 109 (5). [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/40.pdf> (дата обращения: 17.10.2020).

4. Соколов С.В. Территориальный анализ уровня климатической комфортности районов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 82–88.

5. МР 2.1.10.0057-12. 2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска. Методические рекомендации (утв. Роспотребнадзором 17.01.2012). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096653> (дата обращения: 10.10.2020).

6. Андреев С.С. Интегральная оценка климатической комфортности на примере территории Южного Федерального округа России: монография. СПб.: Изд. РГТМУ, 2011. 304 с.

7. Данные из архива погодных условий. [Электронный ресурс]. URL: <http://tp5.ru/archive.php.wmo> (дата обращения: 10.10.2020).

8. Данные из архива статистической информации по ХМАО-Югре. [Электронный ресурс]. URL: <http://dzhmao.admhmao.ru/statisticheskaya-informatsiya> (дата обращения: 10.10.2020).

9. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / Под ред. д-ра геогр. наук, профессора Н.В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с.

10. Петров В.Н. Особенности влияния парциального градиента плотности кислорода в атмосферном воздухе на состояние здоровья населения, проживающего в арктической зоне РФ // Вестник Кольского научного центра РАН. Естественные и технические науки. 2015. № 3 (22). С. 82–92.

СТАТЬИ

УДК 616.31-053.9

ОСОБЕННОСТИ ПОВТОРНОГО ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ЛИЦ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА ПОЛНЫМИ СЪЕМНЫМИ ПРОТЕЗАМИ

¹Нурбаев А.Ж., ¹Эркинбеков И.Б., ¹Калбаев А.А., ²Алымбаев Р.С.

¹Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек, e-mail: r.alymbaev@yandex.com;

²Научно-производственное объединение «Профилактическая медицина», Бишкек

Подход врача-ортопеда при повторном лечении лиц пожилого и старческого возраста, пользующихся съемными зубными конструкциями, имеет отличия от той ортопедической методики, которой придерживаются при первичном обращении пациента: определяют степень фиксации протеза, ясность речи, проводят восстановление внешнего вида больного, при необходимости проводят фонетическую коррекцию. Таким образом, врач может предложить пациенту несколько вариантов протезирования. Делая конструкцию нового протеза, ортопед обычно внимательно изучает старый протез и изменившиеся условия полости рта (наличие атрофии альвеолярных отростков, изменение формы и ширины альвеолярных дуг, уплощение нёба, изменение положения переходной складки и др.). Все больные, обратившиеся в клинику по поводу повторного протезирования беззубых челюстей, были протезированы с применением функциональных оттисков. Установление нормальной межальвеолярной высоты при повторном протезировании является обязательным условием рационального протезирования. Восстановление производилось одномоментно. Больные после протезирования находились под нашим наблюдением от 1 месяца до 3 лет. Основными причинами повторного протезирования являются затрудненное пользование протезами из-за плохой фиксации, неудовлетворительное качество самого протеза, нарушение эстетики. Крайне важно восстановление речи и функции жевания. Отмечается длительное привыкание к протезам с новой высотой прикуса, отмечаются боли в суставах, чувство неловкости в мышцах, которые вскоре исчезают или проявляются слабо.

Ключевые слова: пожилой, старческий возраст, повторное ортопедическое лечение, атрофия альвеолярного отростка, прикус, гигиена полости рта

FEATURES OF REPEATED ORTHOPEDIC TREATMENT FOR ELDERLY PEOPLE WITH FULL REMOVABLE DENTURES

¹Nurbaev A.Zh., ¹Erkinbekov I.B., ¹Kalbaev A.A., ²Alymbaev R.S.

¹I.K. Akhunbaev Kyrgyz State medical Academy, Bishkek, e-mail: r.alymbaev@yandex.com;

²Scientific and Production Centre for Preventive Medicine, Bishkek

The approach of the orthopedic surgeon in repeated prosthesis for elderly and senile patients using removable dentures differs from that for first-time patients regarding prosthesis fixation, restoration of the patient's appearance, clarity of speech with phonetic correction if needed. So, an orthopedic surgeon can offer the patient several options for prosthesis. Therefore, when constructing a new prosthesis, the orthopedist usually carefully examines the old prosthesis and makes an assessment considering the altered oral cavity conditions (atrophy of the alveolar processes, alteration of the shape and width of the alveolar arches, flattening of the palate, change in the position of the transitory fold, etc.). All patients visiting the clinic for repeated prosthesis in the toothless jaws were prosthodontized using functional impressions. Establishment of a normal occlusal vertical dimension during repeated prosthesis is mandatory for rational prosthetics, with restoration being carried out in single stage. Patients after prosthetics were followed up for 1 month to 3 years. Thus, an indication for repeated prosthesis is patient's difficulty using the denture due to bad fixation, unsatisfactory quality of the denture itself, distorted aesthetics. The restoration of speech and chewing function, getting used to a denture with a new vertical dimension are extremely important, pain in the joints, discomfort in the muscles disappear or have a slight degree.

Keywords: elderly, senile age, repeated orthopedic treatment, atrophy of the alveolar bone, occlusion, oral hygiene

В настоящее время остается актуальным вопрос о сохранении здоровья значительной части населения пожилого и старческого возраста (ПСВ) в стоматологии. Его важными составляющими частями являются улучшение показателей ортопедического стоматологического лечения, сохранение целостности имеющихся зубов, зубных рядов качественными зубными протезами [1–3].

Важность изучения особенностей повторного протезирования больных с полным отсутствием зубов связана с тем, что

разрушить сложившийся стереотип бывает очень трудно, особенно у пожилых пациентов. Поэтому, делая конструкцию нового протеза, ортопед обычно внимательно изучает старый протез, а также учитывает субъективные данные пациента с изменившимися условиями полости рта (атрофию альвеолярных отростков, изменение формы и ширины альвеолярных дуг, уплощение нёба, изменение положения переходной складки и др.). При повторном протезировании не следует игнорировать высоту прикуса, поскольку зубочелюстная система

в течение продолжительного времени приспособилась к созданным условиям и их нарушение вынудит мышцы, сустав, связки изменить свое положение, что потребует внесения конструктивных изменений в новые протезы [4–6]. При повторном протезировании пациент получает новые протезы, которые позволяют уменьшить нежелательные проблемы старых протезов в полости рта или избежать их, улучшить их лечебные и профилактические свойства. Многими авторами в традиционном протезировании предлагались разные варианты. Все это позволяет сделать простой вывод: в любом случае выбор весьма велик, и пациент всегда может отдать предпочтение одному из методов, который его устроит [7, 8].

Цель исследования: обосновать особенности повторного ортопедического лечения лиц пожилого и старческого возраста съемными пластиночными конструкциями при полном отсутствии зубов.

Материалы и методы исследования

В клинику ортопедической стоматологии КГМА им. И.К. Ахунбаева обратились 56 больных по поводу повторного протезирования. У 34 (60,7%) имела место полная потеря зубов на обеих челюстях, у 4 (7,1%) зубы отсутствовали на верхней челюсти, а также имелись дефекты зубных рядов нижней челюсти. У 11 (19,6%) отсутствовали зубы на нижней челюсти. Из общего числа мужчин – 22 (39,2%), женщин – 34 (60,7%), большинство больных были в возрасте 60–78 лет. Из общего числа больных лишь 9 пациентов пользовались протезами до 5 лет, у остальных протезы были продолжительное время (до 12 лет). В процессе оценки имеющихся старых протезов нами установлено, что у большинства больных они плохо фиксировались, границы укорочены, базис протезов не соответствует протезному ложу (балансирует). Окклюзионная поверхность пластмассовых зубов за период 2–3-летнего пользования ими стиралась. В результате полной стертости зубов пища не разжевывалась, а лишь разминалась. Пациент часто не замечал этого повреждения протезов и обращался к нам уже со сломанными протезами. Больные также отмечали эстетические недостатки, вызванные изменением величины и формы искусственных зубов в связи с их стиранием. Из 56 больных 24 (42,8%) жаловались на боли под протезами, 8 (14,2%) – в ВНЧС, у 11 (19,6%) пациентов отмечалась мацерация кожи углов рта. Почти все больные отмечали неудобство при разговоре.

17 (30,3%) больных обратились для протезирования беззубых челюстей из-за не-

возможности пользоваться старыми частично съемными пластиночными протезами после удаления последних опорных зубов. Понижение межальвеолярной высоты отмечалось у всех больных в различной степени (от 2 до 12 мм).

Результаты исследования и их обсуждение

При внешнем осмотре пациентов отмечалось снижение высоты двух третей лица, губы и щеки при этом западали, углы рта были опущены. Пациенты выглядели старше своего возраста. У большинства больных имелись 2-й, 3-й, 4-й типы альвеолярных отростков по И.М. Оксману, что является неблагоприятным анатомическим условием для успешного протезирования.

Из наших 56 больных 30 (53,5%) чистили протезы один раз в день, 13 (23,2%) ухаживали за протезом нерегулярно.

Вследствие продолжительного ношения съемного зубного протеза происходит редуцирование альвеолярного отростка по высоте и ширине, в результате образуется зазор между бортом протеза и мягкими тканями. Плохой уход пациентов за пластиночно-съемными протезами привел к тому, что образующиеся в процессе брожения, а затем гниения продукты распада отрицательно влияли на ткани слизистой оболочки протезного ложа, вызывая ее раздражение и воспаление. Слизистая оболочка у 9 (16,0%) больных имела травмированные участки переходной складки.

Оценка старых протезов показала их плохую фиксацию, они смещались при открывании рта, их границы были укорочены, базисы не соответствовали протезному ложу (протезы балансировали). Окклюзионная поверхность пластмассовых зубов изнашивалась, формы коронок нарушились, а иногда они стирались до базиса.

Все больные, обратившиеся в клинику по поводу повторного протезирования беззубых челюстей, были протезированы с применением компрессионных оттисков.

Установление нормальной межальвеолярной высоты при повторном протезировании является обязательным условием рационального протезирования. Восстановление производилось одномоментно. Больные после протезирования находились под нашим наблюдением от 1 месяца до 3 лет.

Ближайшие наблюдения за пациентами показали, что вновь изготовленные протезы эффективнее старых, их фиксация и стабилизация намного лучше. Больные постепенно начали привыкать к ним. Так, у 26 (44,4%) пациентов привыкание к новым протезам наступило за неделю,

жевательная эффективность восстановилась на «хорошо». У 27 (48,2%) больных она была удовлетворительной, так как они имели 3-й тип беззубой нижней челюсти, 3 больных отказались от пользования новыми протезами, требуя такие же протезы, как старые, с укороченными краями. Их требования были удовлетворены изготовлением желанных протезов, но ими трудно было восстановить функциональную ценность, разжевывать пищу.

За исключением этих больных, остальные постепенно привыкли к протезам, через 3 года у повторно протезированных больных показатель жевательной эффективности составил в среднем 93,5%. Для передачи жевательного давления на протезное ложе и хорошей устойчивости протеза при жевании приходилось вносить некоторые коррективы. Есть больные, у которых протезное ложе весьма чувствительно к давлению, они жаловались на боли под протезом.

Приступая к изготовлению новых съемно-пластиночных конструкций, врач изучает старый зубной протез в полости рта и вне его, дополнительно учитывает появившиеся в полости рта изменения. Особое внимание следует обращать на форму и величину искусственных зубов, на конфигурацию зубной дуги, границу протезов, с тем чтобы не повторить имеющиеся погрешности при конструировании вновь изготавливаемых конструкций. Возникает необходимость детального изучения причины перелома, трещины, при этом следует обращать внимание на психологический статус пациента.

Разрабатывая меры по оптимизации повторного изготовления ортопедической конструкции с планированием этапов изготовления и лечения, необходимо решать вопросы изменения высоты нижней трети лица, состояния тканей протезного ложа, но главное — это особенности психофизиологического состояния пациента и возможность адаптации к новому протезу. Лечение подобных пациентов облегчается, чтобы избежать в дальнейшем негативные последствия съёмного протеза, свойственные многим. Привычки, выработанные в процессе пользования съёмными протезами, способствуют укорочению срока привыкания к новому.

Следует помнить, что протез в значительной степени изменяет функцию органов жевательного аппарата, так как сокращает объем полости рта, нарушая при этом топографию артикуляционных пунктов, которые необходимы для образования различных звуков; создаются новые условия для деятельности жевательных мышц и ВНЧС

при изменении межальвеолярной высоты, и протез воспринимается как инородное тело, которое по отношению к слизистой оболочке протезного ложа оказывается необычным раздражителем.

Новые окклюзионные отношения между искусственными зубами могут изменять характер жевательных движений нижней челюсти.

В результате механического раздражения рецепторов корня языка или мягкого нёба вначале появляется рвотный рефлекс, усиливается слюноотделение. С течением времени ответная реакция на раздражение начинает стихать, и пациент перестает ощущать протез.

При увеличении межальвеолярной высоты за счет протезов увеличивается расстояние между местами прикрепления жевательных мышц. На это они реагируют повышением тонуса (миотатический рефлекс). Поэтому в понятие «привыкание к протезам» входит и перестройка динамического стереотипа, приводящая, в конечном счете, к выработке рациональных движений нижней челюсти.

Помимо физиологической адаптации, происходит психологическая адаптация, устранение брезгливого и стыдливового чувства неприятия протеза. Снижается связанная с этим раздражительность, устраняются препятствия в сфере общения. Под влиянием мотивации и волевых усилий у пациента прекращается постоянное возвращение в мыслях к протезу. Процесс привыкания протекает быстрее у лиц, ранее пользовавшихся протезами.

После наложения протеза пациенту необходимо дать наставления по уходу и пользованию им.

В первое время пользования протезом пациент будет испытывать определенные неудобства. Под базисом протеза может появиться боль. При сильной боли рекомендуется вынуть протез на ночь и вставить его за 2–3 ч до посещения врача.

Наличие в полости рта протезов ухудшает гигиену полости рта вследствие нарушения естественного самоочищения, появления множества ретенционных пунктов для остатков пищи, создаются благоприятные условия для развития микрофлоры. В связи с этим за протезами необходим тщательный гигиенический уход.

Помимо оказания лечебного и профилактического действия, зубные и челюстные протезы могут вызывать побочные эффекты. Среди основных побочных проявлений выделяют: травмирующий эффект, функциональные нарушения и токсическое действие.

Травмирующий эффект протезов имеет обратимые и необратимые последствия для различных тканей протезного ложа: эмали, пародонта, слизистой оболочки, надкостницы и кости. При этом усиление отрицательного влияния съемных протезов наблюдается при нерациональном расположении опорных элементов в съемных протезах, отсутствии окклюзионных контактов в области естественных зубов, применении жестких замковых креплений в протезах, замещающих концевые дефекты зубных рядов, что приводит к функциональной перегрузке пародонта опорных зубов.

К функциональным нарушениям можно отнести нарушение самоочищения слизистой оболочки, снижение ее саногенеза. В результате нарушения терморегуляции и аэрации слизистой оболочки, перекрытой базисом протеза, уменьшается теплоотдача, во влажной среде возникает компрессный эффект протезов, приводящий к разрыхлению слизистой оболочки, повышению ее проницаемости.

Отмечаются также нарушения вкусовой рецепции, нарушение речи при наложении съемного протеза, что чаще всего наблюдается при протезировании дефектов зубного ряда верхней челюсти в области передних зубов.

Токсическое действие – нежелательная реакция на материал протеза, наблюдаемая у некоторых больных при эндогенной сенсibilизации. При недостаточном гигиеническом уходе за протезами продукты жизнедеятельности микрофлоры полости рта оказывают токсическое влияние на слизистую оболочку

Выводы

1. Показаниями к повторному изготовлению съемных конструкций являются снижение лечебных, профилактических свойств и возрастающее нежелательное действие протеза.

2. Вопрос о замене протезов следует решать по истечении сроков пользования ими.

3. Решение о повторном протезировании может быть принято раньше, если появились балансирование, поры в базисе, ухудшилась гигиена полости рта.

4. Крайне важны восстановление речи и функция жевания, привыкание к протезам с новой высотой прикуса. При установке новых протезов боли в суставах, чувство неловкости в мышцах постепенно исчезают или мало выражены.

5. У пациентов происходит быстрая адаптация к полным съемным протезам при изготовлении протеза, похожего на ранее использовавшийся.

Список литературы

1. Родина Т.С. Особенности стоматологической патологии у лиц старших возрастных групп // Клинический опыт «Двадцатки». 2015. № 2 (26). С. 92–98.
2. Саввиди К.Г., Саввиди Г.Л., Белова А.В. Результаты ортопедического лечения пациентов пожилого и старческого возраста с полной потерей зубов при применении оптимизированных собственных методик // Верхневолжский медицинский журнал. 2014. № 2. С. 31–34.
3. Жолудев С.Е., Гетте С.А. Решение проблемы адаптации к съемным конструкциям зубных протезов при полной утрате зубов (клинический случай) // Проблемы стоматологии. 2016. Т. 12. № 3. С. 46–51.
4. Жулев Е.Н. Частичные съемные протезы (теория, клиника и лабораторная техника): Руководство для врачей. 2-е изд. испр. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2011. 424 с.
5. Нурбаев А.Ж. Ортопедическая стоматологическая лечебно-профилактическая помощь лицам пожилого и старческого возраста в Кыргызской Республике (клинико-эпидемиологические аспекты). Бишкек, 2012. 233 с.
6. Протезирование полными съемными протезами / Под общ. ред. докт. мед. наук, профессора С.А. Наумовича. Минск: Высшая школа, 2012. 276 с.
7. Копейкин В.Н., Миргазизов М.З., Малый А.Ю. Ошибки в ортопедической стоматологии // Профессиональные и медико-правовые аспекты. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 2002. 240 с.
8. Рединов И.С., Метелица С.И., Страх О.О. Повышение эффективности повторного лечения пациентов при полном отсутствии зубов нижней челюсти // Фундаментальные исследования. 2014. № 10 (2). С. 356–359.

СТАТЬИ

УДК 632.7/9

**МОНИТОРИНГ ЧИСЛЕННОСТИ ЯБЛОННОЙ ПЛОДОЖОРКИ
(*CYDIA POMONELLA* (L.)) НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ
СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

Бледных О.В., Гаецкий М.П., Чернышков В.В.

ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», Самара, e-mail: s65.Ole@gmail.com

На протяжении многих лет основным и массовым вредителем яблони в опытных садах ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» является яблонная плодожорка (*Cydia pomonella* (L.)), поэтому мониторинг численности данного вредителя и разработка эффективных схем применения средств защиты против него остаются приоритетными в течение продолжительного времени. Яблонная плодожорка (*Cydia pomonella* (L.)) – основной вредитель яблони в мире, оказывающий значительный экономический вред промышленным посадкам данной культуры, также оказывает значительный вред в насаждениях депонирующих кормовых растений – груши и айвы, в южных районах своего ареала причиняет вред посадкам косточковых культур – персику, абрикосу, а также грецкому ореху и гранату. В виде исключения при отсутствии основных кормовых и резервных культур оказывает вред посадкам сливы и апельсина. Целью данного исследования являлось проведение мониторинга численности яблонной плодожорки (*Cydia pomonella* (L.)) с использованием феромонных средств контроля российского производства и проверки эффективности средств защиты растений производства Российской Федерации в системе борьбы с вредителями, а также их влияния на динамику численности данного вредителя. Исследования проводились в 2017–2019 гг. в молодых посадках яблони ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», заложенных в 2009 г. Анализ данных, полученных в ходе проведенного исследования, показывает, что численность яблонной плодожорки остается высокой на протяжении трех лет наблюдения, но благодаря правильному подбору средств защиты растений, опираясь на средства контроля, можно постепенно достичь, даже на высоком уровне распространения вредителя, высокого выхода товарной продукции до уровня. В результате работы подобран оптимальный комплект химических средств защиты, обладающий «хорошей» биологической эффективностью, равной 57,75 %, что позволило получить высокий уровень выхода товарной продукции – 94,73 % в 2019 г., а также установлено возможное увеличение генераций данного вредителя до трех поколений, что требует дальнейших исследований.

Ключевые слова: яблонная плодожорка (*Cydia pomonella* (L.)), мониторинг, яблоня, биологическая эффективность, феромонные средства контроля, средства защиты

**MONITORING THE NUMBER OF *CYDIA POMONELLA* (L.) AGAINST
THE BACKGROUND OF THE USE OF PLANT PROTECTION PRODUCTS**

Blednykh O.V., Gajecki M.P., Chernyshkov V.V.

Research Institute «Zhigulevsk gardens», Samara, e-mail: s65.Ole@gmail.com

Annotation: For many years, a major and widespread pest of apple trees in the experimental orchards of the Research Institute «Zhigulevsk gardens» remains the codling moth (*Cydia pomonella* (L.)). Therefore, monitoring the number of this pest and developing effective schemes for the use of protective equipment against this pest remains a priority for a long time. The codling moth (*Cydia pomonella* (L.)) is the main pest of apple trees in the world, which causes significant economic damage to industrial plantings of this crop, as well as significant damage to plantations of depositing forage plants – pears and quinces; in the southern regions of its range, it causes damage to plantings of stone crops – peaches, apricots, walnuts and pomegranates. As an exception, in the absence of the main forage and reserve crops, it harms plum and orange plantings. The purpose of this study was to monitor the number of codling moth (*Cydia pomonella* (L.)) using pheromone controls of Russian production and to check the effectiveness of the Russian Federation production facilities in the pest control system, as well as their influence on the dynamics of the number of this pest. Studies were conducted in 2017-2019 in young apple trees of the state Research Institute «Zhigulevsk gardens» laid in 2009. Analysis of data obtained during the study shows that the number of codling moth (*Cydia pomonella* (L.)) remains high for three years of observation, but thanks to the correct selection of plant protection products, relying on control tools, it is possible to gradually achieve, even at a high level of pest distribution, a high yield of marketable products to the level of. As a result, the optimal set of chemical protection products was selected, which has a «good» biological efficiency of 57,75 %, which allowed us to get a high level of commercial output of 94.73 % in 2019, as well as a possible increase in the generation of this pest to three generations, which requires further research.

Keywords: Codling moth (*Cydia pomonella* (L.)), monitoring, apple tree, biological efficiency, pheromone controls, protective equipment

На протяжении многих лет основным и массовым вредителем яблони в опытных садах ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» остается яблонная плодожорка (*Cydia pomonella* (L.)), поэтому мониторинг численности данного вредителя и разработка эффективных схем применения средств за-

щиты против него остаются приоритетными в течение продолжительного времени [1].

Яблонная плодожорка (*Cydia pomonella* (L.)) – основной вредитель яблони в мире, оказывающий значительный экономический вред промышленным посадкам данной культуры, также оказывает значитель-

ный вред в насаждениях депонирующих кормовых растений – груши и айвы, в южных районах своего ареала причиняет вред посадкам косточковых культур – персику, абрикосу, а также грецкому ореху и гранату. В виде исключения при отсутствии основных кормовых и резервных культур оказывает вред посадкам сливы и апельсина [2–4]. Основной вред оказывают не взрослые насекомые, а гусеницы, которые в процессе своего развития, двигаясь к источнику пищи – семенам, повреждают мякоть плодов, что является воротами для проникновения возбудителей болезней, таких как монилиоз (*Monilia fructigena*), и гнилостных бактерий. Развитие данного вредителя имеет зависимость от погодных условий. Лёт взрослых насекомых начинается при установлении устойчивой температуры в районе 16 °С с мая по август, откладка яиц и развитие гусениц в северных регионах ареала начинается при достижении СЭТ 600 °С, в южных регионах при СЭТ 750 °С. Если СЭТ достигают выше указанных значений до второго августа, то возможно развитие второй генерации данного вредителя, полное развитие двух генераций (поколений) проходит при СЭТ 1300–1400 °С. На севере своего ареала дает одно поколение, в теплые годы – два, на юге ареала – от трех до десяти поколений [5].

Целью данного исследования являлось проведение мониторинга численности яблонной плодовой жорки (*Cydia pomonella* (L.)) с использованием феромонных средств контроля российского производства и проверки эффективности средств производства Российской Федерации в системе борьбы с вредителями, а также их влияния на динамику численности данного вредителя. При проведении энтомологического мониторинга пользовались общепринятыми методами [6]. Морфологические признаки имаго и возраст гусениц определяли в лабораторных условиях и на свежеобработанном материале, используя определители.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2017–2019 гг. в молодых посадках яблони ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», заложенных в 2009 году, расположенных в поселке Малая Царевщина Красноярского района Самарской области.

Мониторинг проводился с середины мая до начала августа. Для этого в саду на участке 2019 г. посадки площадью 24 га со следующим сортиментом сортов селекции института: Спартак, Жигулевское, Куйбышевское и Кутузовец – были развешаны феромонные ловушки производства фирмы «Щел-

ково Агрохим» на основе синтетического полового феромона яблонной плодовой жорки «Диенол-П» (Е, Е-8, 10-додекадиенол) в количестве 1 шт. на 2 га площади посадки. Также был выбран участок для проведения контрольного отлова имаго данного вредителя с таким же набором сортов, площадью 8,5 га, ловушки применялись в количестве 1 шт. на 2 га площади посадки.



Рис. 1. Внешний вид феромонной ловушки производства «Щелково Агрохим» и способ её применения, при проведении исследования

На опытных участках проводились мероприятия по защите растений в соответствии с фенофазами и развитием яблонной плодовой жорки как первого, так и второго поколения с использованием стандартного набора инсектицидов, разрешенных для применения в промышленных садах, производства фирм «Август» и «Щелково Агрохим» (фосфорорганические (ФОС), пиретроиды, ингибиторы синтеза хитина (ИСХ)) согласно разработанным схемам, контрольный участок не обрабатывался.

В схеме на 2017 г. использовались инсектициды производства фирм «Щелково Агрохим», такие как Кинфос, и «Август» – Герольд и Брейк, в 2018 г. препарат Брейк был заменен на препарат производства «Щелково Агрохим» Тарзан, в 2019 г. препарат Тарзан был заменен на препарат Сэмпай производства фирмы «Август». Средства защиты применялись согласно разработанным схемам и рекомендациям производителей.

Результаты исследования и их обсуждение

Учет велся до использования средств защиты и после, каждые 5 дней производилась замена клеевого вкладыша и диспенсера с феромонным препаратом. Контролировалось как первое, так и второе поколение вредителей. В ходе учета получен следующий результат.

Таблица 1

Схемы защиты растений, разработанные на 2017–2019 гг.

2017 г.			
Фенофаза	Препарат	Группа	Норма применения, л/га
Окончание цветения	Кинфос	ФОС	0,5
Через 7 дней после предыдущей обработки	Брейк	Пиретроиды	0,2
Плод «лещина»	Герольд	ИСХ	1
Летний рост плодов (по ЭПВ)	Герольд	ИСХ	1
2018 г.			
Окончание цветения	Кинфос	ФОС	0,5
Через 7 дней после предыдущей обработки	Тарзан	Пиретроид	0,3
Плод «лещина»	Герольд	ИСХ	1
Летний рост плодов (по ЭПВ)	Герольд	ИСХ	1
2019 г.			
Окончание цветения	Кинфос	ФОС	0,5
Через 7 дней после предыдущей обработки	Сэмпай	Пиретроид	1
Плод «лещина»	Герольд	ИСХ	1
Летний рост плодов (по ЭПВ)	Герольд	ИСХ + пиретроид	1

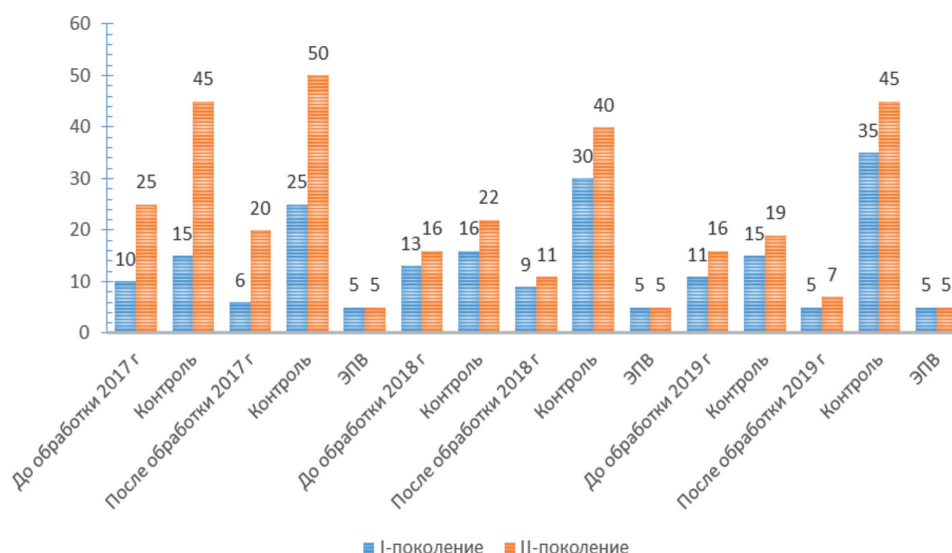


Рис. 2. Численность I–II поколения имаго яблонной плодовой жорки (средние значения) в 2017–2019 гг.

Как видно выше, до проведения мероприятий по защите растений численность имаго яблонной плодовой жорки, учтенных в 2017 году, выявленных в ходе мониторинга на площади опытного участка выше ЭПВ (5 особей): I поколение – 10 особей на 1 ловушку, и выше ЭПВ (5 особей): II поколение – 25 особей на 1 ловушку, что существенно ниже, чем в контрольном участке (15 особей на 1 ловушку – I поколение и 45 особей на 1 ловушку – II поколение). В 2018 году численность учтенного первого поколения яблонной плодовой жорки на опытном участке составила: I поколение – 13 осо-

бей на 1 ловушку, II поколение – 16 особей на 1 ловушку, в контроле соответственно I поколение – 16 особей на 1 ловушку, II поколение – 22 особи на 1 ловушку. В 2019 году на опытном участке учтены: I поколение – 11 особей на 1 ловушку, II поколение – 16 особей на 1 ловушку, и в контроле: I поколение – 15 особей на 1 ловушку, II поколение – 19 особей на 1 ловушку. После проведения защитных мероприятий численность имаго как I, так и II поколения устойчиво снижается, в 2017 г. после обработки инсектицидами численность I поколения составила 6 особей на 1 ловуш-

ку, II поколение – 20 особей на 1 ловушку, в контроле наблюдался рост численности: I поколение – 25 особей на 1 ловушку, II поколение – 50 особей на 1 ловушку. Тенденция снижения численности имаго данного вредителя наблюдалась и в 2018 году: I поколение – 9 особей на 1 ловушку, II поколение – 11 особей на 1 ловушку, и в 2019 г. I поколение – 5 особей на 1 ловушку (равно ЭПВ), II поколение – 7 особей на 1 ловушку, в контроле отмечался рост численности: I поколение – 30 особей на 1 ловушку, II поколение – 40 особей на 1 ловушку (2018 г.) и I поколение – 35 особей на 1 ловушку, II поколение – 45 особей на 1 ловушку (2019 г.).

Кроме учета взрослых насекомых, в начале сентября учитывалось наличие гусениц в товарных плодах, по количеству повреждённых плодов на деревьях. Результат представлен ниже.

Таблица 2

Учет плодов на наличие повреждения яблонной плодовой жоркой за 2017–2019 гг.

Учет плодов	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Общее кол-во собранных плодов, шт.	1500	1627	1710
Не повреждённых, шт.	1000	1354	1620
Повреждённых, шт.	500	273	90
Общее кол-во собранных плодов (контроль), шт.	1400	1550	1100
Не повреждённых (контроль), шт.	600	1003	137
Повреждённых (контроль), шт.	800	547	963

В табл. 2 показаны данные учета повреждения плодов за три года мониторинга. Сбор плодов осуществлялся с 40 деревьев разного сорта (10 деревьев каждого сорта) на фоне обработок инсектицидами и с 40 деревьев в контрольном участке. Количество повреждённых плодов в 2019 г. составило 5,26% (ЭПВ 10%) от общего количества собранных плодов, в 2018 г. 16,7%

и в 2017 г. 33,33%. Количество не повреждённых: 94,73% (2019 г.), 83,22% (2018 г.) и 66,66% (2017 г.). В контроле повреждённых 87,5% (2019 г.), 35,29% (2018 г.) и 57,14% (2017 г.), не повреждённых 12,5% (2019 г.), 64,7% (2018 г.) и 42,85% (2017 г.). Наибольшее количество повреждённых плодов было выявлено с южной стороны деревьев и сверху кроны – 50% всех повреждённых плодов, равное количество с восточной и западной стороны деревьев и в центре кроны – 25%, наименьшее количество – 15% – с северной стороны и внизу кроны. Если рассматривать количество повреждённых товарных плодов, то наиболее поврежден данным вредителем сорт Спартак (50%), наименее повреждены следующие сорта: Жигулевское и Куйбышевское (25%), меньше всего поврежден сорт Кутузовец (10%). В 2017 г. отмечено наличие гусениц 3–4 возраста в плодах, собранных в конце сентября, что говорит об увеличении количества генераций данного вредителя до трех вместо двух, что требует дополнительного изучения в последующие годы.



Рис. 3. Пример внешнего повреждения плодов яблони на стадии летнего роста яблонной плодовой жоркой (*Cydia pomonella* (L.))

Кроме численности яблонной плодовой жорки и повреждений ею плодов яблони, была изучена биологическая эффективность предложенных средств защиты в разработанных схемах (табл. 3).

Таблица 3

Биологическая эффективность средств защиты растений против яблонной плодовой жорки (*Cydia pomonella* (L.))

2017	
Средства защиты	Биологическая эффективность ср. (%)
Кинфос (Щелково Агрохим)	70
Брейк (Август)	70
Герольд (Август)	35,5
Герольд (Август)	35,5
Общая эффективность ср. (%)	52,15

Окончание табл. 3	
2018	
Кинфос (Щелково Агрохим)	70
Тарзан (Щелково Агрохим)	75,2
Герольд (Август)	35,5
Герольд (Август)	35,5
Общая эффективность ср. (%)	54,05
2019	
Кинфос (Щелково Агрохим)	70
Сэмпай (Август)	90
Герольд (Август)	35,5
Герольд (Август)	35,5
Общая эффективность ср. (%)	57,75

Общая биологическая эффективность предложенных средств защиты в схемах «хорошая» и позволяет контролировать яблонную плодоядку как основного вредителя яблони, только при условии соблюдения сроков проведения работ по защите растений и на основании мониторингов данного вредителя.

Заключение

Яблонная плодоядка остается основным и наиболее массовым вредителем яблони в насаждениях ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». Мониторинг данного вредителя на протяжении трех лет и применение средств защиты растений позволили добиться роста выхода товарных (не поврежденных) плодов с 66,66% в 2017 г. до 94,73% в 2019 г. Установлено, что наиболее повреждаемым сортом яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» является сорт Спартак – 50%, наименее повреждаемым сорт Кутузовец – 10%. Общая биологическая эффективность средств защиты растений производства фирм «Август» и «Щелково Агрохим» «хорошая», выше 50%, наименьшая состави-

ла 52,15% в 2017 г., а наибольшая 57,75% в 2019 г. С 2017 г. отмечается наличие гусениц 3–4 возраста в плодах, собранных в конце сентября, что говорит об увеличении количества генераций данного вредителя до трех вместо двух, что требует проведения дополнительных исследований.

Список литературы

1. Бледных О.В., Спирин К.С. Динамика распространения яблонной плодоядки и парши на яблоне в саду ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 48. № 2. С. 43–46.
2. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2016 году и прогноз развития вредных объектов в 2017 году. М.: Мин. сельхоз. РФ, 2016. 576 с.
3. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году. М.: Мин. сельхоз. РФ, 2017. 576 с.
4. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2018 году и прогноз развития вредных объектов в 2019 году. М.: Мин. сельхоз. РФ, 2018. 576 с.
5. Трейвас Л.И., Каштанова О.А. Болезни и вредители плодовых растений. Атлас-определитель. 3-е изд., исправ. и доп. М.: Фитон XII, 2016. 352 с.
6. Семенова А.Г., Свирина Н.В., Джираченко А.И. Экономические пороги вредности насекомых и сорных растений (методическое указание). СПб., 2011. 36 с.

УДК 636.2(470.111)

МОНИТОРИНГ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Глебова Е.А., Филиппова Г.И., Филиппова А.Б., Романенко Т.М.

Нарьян-Марский филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Российской академии наук – Нарьян-Марская сельскохозяйственная опытная станция, Нарьян-Мар, e-mail: nmshos@yandex.ru

Развитие молочного скотоводства в условиях Арктики играет важную роль в обеспечении населения молочными продуктами при рациональном использовании местных кормовых ресурсов Печорского бассейна. Учитывая природно-климатические условия, качество заготавливаемых кормов с естественных кормовых угодий характеризуется невысокой энергетической и протеиновой ценностью. Необходимость проведения мониторинга и анализа молочной продуктивности (удоя на фуражную корову и жирности молока) коров холмогорской породы северного типа АО НАО НАК (ранее ГУСП ОПХ Нарьян-Марской СХОС) обусловлена масштабным внедрением в хозяйствах Ненецкого автономного округа новой технологии «Сенаж в упаковке» и нормированного кормления с учетом физиологического состояния коров по периодам лактации при переходе с силосно-концентратного типа кормления на сенажный и совершенствованием кормления за счет научно обоснованных детализированных норм за три исследуемых временных интервала: 1997–2000 гг. (силосно-концентратный), 2001–2004 гг. (сенажный) и 2005–2018 гг. (нормированное кормление на основе детализированных норм). Результаты сравнительной оценки показали, что молочная продуктивность по удою на 1 фуражную корову в исследованные временные интервалы находилась на уровне $3395,75 \pm 24,25$ кг (1997–2000 гг.), $3804,00 \pm 7,45$ кг (2001–2004 гг.), $4899,79 \pm 71,11$ кг (2005–2018 гг.), жирность молока – $3,80 \pm 0,008\%$ (1997–2000 гг.), $3,82 \pm 0,011\%$ (2001–2004 гг.), $3,84 \pm 0,010\%$ (2005–2018 гг.). Скачкообразный характер молочной продуктивности отмечался в интервале 2005–2018 гг. с размахом варьирования от –506 кг до +665 кг молока, который объясняется несоблюдением контроля качества кормов и нарушением сбалансированности рационов.

Ключевые слова: молочная продуктивность, крупный рогатый скот, холмогорская порода, рационы, нормированное кормление, Арктика

MONITORING OF DAIRY PRODUCTIVITY OF COWS AT THE OPTIMIZATION OF FOOD IN THE CONDITIONS OF THE NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

Glebova E.A., Filippova G.I., Filippova A.B., Romanenko T.M.

Naryan-Mar branch of the Federal research center for integrated Arctic studies named after academician N.P. Laverov-Naryan-Mar agricultural experimental station, Naryan-Mar, e-mail: nmshos@yandex.ru

The development of dairy cattle breeding in the Arctic plays an important role in providing the population with dairy products with rational use of local feed resources of the Pechora basin. Given the natural and climatic conditions, the quality of harvested feed from natural forage lands is due to the low energy and protein value. Large-scale introduction of farms in the Nenets Autonomous district the new technology of haylage in the package» and rated feeding according to physiological state of cows by lactation periods was the purpose of the monitoring and analysis of milk productivity (milk yield per cow and milk fat content) cow Kholmogory breed North of the type AO NAO NAC (formerly of GUSP OPKh of Naryan-Mar agricultural experiment station) with the change from silage-concentrate type of feeding on hay and feeding improvement through research-based detailed standards for the three studied time intervals 1997–2000 (silage-concentrate), 2001–2004 (haylage) and 2005–2018 (normalized feeding based on detailed norms). The results of the comparative evaluation showed that milk productivity by milk yield per forage cow in the studied time intervals was at the level of 3395.75 ± 24.25 kg (1997–2000), 3804.00 ± 7.45 kg (2001–2004), 4899.79 ± 71.11 kg (2005–2018), milk fat content – $3.80 \pm 0.008\%$ (1997–2000), $3.82 \pm 0.011\%$ (2001–2004), $3.84 \pm 0.010\%$ (2005–2018). The jumping nature of dairy productivity was noted in the interval 2005–2018 with a range from – 506 kg to 665 kg of milk, which is explained by non-compliance with fodder quality control and violation of diet balance.

Keyword: milk productivity, cattle, the Kholmogory breed, diets, normalized feeding, Arctic

Развитие молочного скотоводства в условиях Арктики при рациональном использовании местных кормовых ресурсов Печорского бассейна играет важную роль в обеспечении населения молочными продуктами. Для повышения генетического потенциала коров молочной продуктивности в условиях Ненецкого автономного округа

(НАО) на базе ОПХ Нарьян-Марской СХОС (ныне АО НАО НАК) в 1985 г. были начаты работы по голштинизации холмогорского скота, реализация которой возможна, прежде всего, за счет совершенствования кормления животных с учетом знаний функциональных особенностей пищеварительной системы [1, с. 118]. Одним из основных

факторов направленного воздействия на повышение продуктивности животных и качества продукции является полноценное кормление на основе научно обоснованных детализированных норм [2, с. 72].

В условиях арктического региона, где в силу суровых природно-климатических условий [3, с. 16] корма, заготавливаемые из естественных природных трав, произрастающих в пойме реки Печора, отличаются невысокой энергетической и протеиновой ценностью, в преобладающем большинстве хозяйств вынужденно сложился высококонцентратный тип кормления молочных коров, при котором нередко наблюдаются заболевания животных, связанные с нарушением физиологических функций организма, снижение воспроизводительной способности животных. Это приводит к снижению молочной продуктивности и как следствие – к снижению уровня экономической эффективности производства молока.

В многочисленных исследованиях ученых (Н.И. Исламова и др. (1987), Е.Л. Кальницкий и др. (2001), Н.А. Москвина и др. (1998)) доказано, что уровень молочной продуктивности на 59–75% зависит от условий кормления, питательности кормов, наличия и соотношения в них питательных веществ.

В связи с масштабным внедрением в хозяйствах НАО технологии «Сенаж в упаковке» в 2001 г. в ОПХ Нарьян-Марской СХОС тип кормления коров сменился с силосно-концентратного на сенажный. Изучение питательного и химического состава сенажа как корма, составляющего основу рациона, позволило разработать и внедрить систему нормированного кормления в 2005 г. с целью повышения продуктивности коров с учетом потребности животных в питательных веществах на каждой ступени физиологического состояния и параллельно провести лечебно-профилактические работы по оздоровлению стада.

Одним из методов контроля полноценности кормления животных с учетом питательности и химического состава кормов является мониторинг молочной продуктивности [2, с. 72; 4, с. 179].

Цель исследования: провести мониторинг и дать анализ молочной продуктивности коров холмогорской породы северного типа в связи с переходом с силосно-концентратного типа кормления на сенажный и совершенствованием кормления за счет научно обоснованных детализированных норм.

Материалы и методы исследования

В связи с переходом с силосно-концентратного типа кормления на сенажный и со-

вершенствованием кормления коров холмогорской породы при привязном способе содержания за счет научно обоснованных детализированных норм были изучены показатели молочной продуктивности (удой на фуражную корову, жирность молока) с 1997 по 2018 гг. Для сравнительного анализа исследуемый период разделили на три временных интервала: 1997–2000 гг. (силосно-концентратный), 2001–2004 гг. (сенажный) и 2005–2018 гг. (нормированное кормление на основе детализированных норм). Объектом исследований являлся крупный рогатый скот холмогорской породы северного типа Акционерного общества Ненецкого автономного округа Ненецкая агропромышленная компания (до 2006 г. – ОПХ Нарьян-Марская СХОС).

В работе использовали данные анализа кормов (2001–2004 гг. и 2005–2018 гг.), среднесуточные рационы коров (2001–2004 гг.) и систему рационов для коров с продуктивностью 5–6 тыс. кг молока за лактацию (2005 г.) [5, с. 34].

По результатам мониторинговых исследований была проведена сравнительная оценка молочной продуктивности по удою на фуражную корову и жирности молока за три временных интервала (1997–2000 гг., 2001–2004 гг. и 2005–2018 гг.). Статистическую обработку проводили в программе Excel 2010.

Результаты исследования и их обсуждение

В хозяйствах НАО на протяжении длительного периода времени сформировался высококонцентратный тип кормления, при этом на 1 кг молока приходилось до 400 г концентратов, сухого вещества потреблялось до 3,5 кг на 100 кг живой массы. Удельный вес концентратов в годовой структуре рациона составлял 40%, при этом используются используются покупные комбикорма.

В рационах на корову с удоем 10–12 кг молока в сутки приходилось сухого вещества 10,5–13,1 кг при концентрации обменной энергии на уровне 9,57–9,22 МДж, сырого протеина 11,8–12,2%, сырой клетчатки 23,4–25%. Отмечалось низкое сахаропротеиновое отношение (0,6:1) [6, с. 34].

В 2005 г. разработанная система кормовых рационов для коров с продуктивностью 5–6 тыс. кг молока за лактацию с учетом питательности и химического состава кормов предусматривала расход концентратов на 1 кг молока в зависимости от физиологического состояния и уровня продуктивности: для группы раздоя – 300 г/литр, во вторые 100 дней лак-

тации – 210 г/литр, последние 100 дней лактации – 210 г/литр. Повышение сахаропротеинового отношения и содержание микро- и макроэлементов, в том числе фосфора, цинка и натрия, в рационах нормировалось за счет кормовых, минеральных, энергетических и витаминных добавок.

Питательность и химический состав сенажа из многолетних трав, основного компонента полнорационного моноорма характеризовались резким колебанием содержания сухого вещества от 432 до 583 г, при этом концентрация обменной энергии в сухом веществе составляла 8–9 МДж, сырого протеина – 10–12 %, клетчатки – 26,8–33 %, сахара – 27–87,3 г.

В последние годы набор грубых кормов в рационе коров изменился за счет введения сена в количестве 5 кг, при этом соотношение сенажа и сена составило 20 % и 80 % соответственно. Анализ качества кормов в современный период (с 2006 по 2015 гг.) показал, что в 1 кг сена содержится сухого вещества 888–831 г, при этом концентрация обменной энергии в сухом веществе сена составляла 10,6–10,2 МДж/кг, к. ед – 0,84–0,9, массовая доля сырого протеина – 10,3–9,6 %, клетчатки – 21,0–18,1 %, сахара – 69–123 г, в 1 кг сенажа – сухого вещества 831–834 г, при этом концентрация обменной энергии в сухом веществе сенажа составляла 8,2–8,5 МДж/кг, к. ед – 0,58–0,51, массовая доля сырого протеина – 7,9–8,6 %, клетчатки – 24,3–22,3 %, сахара – 48–80 г. Питательность и химический состав кормов, заготавливаемых в природно-климатиче-

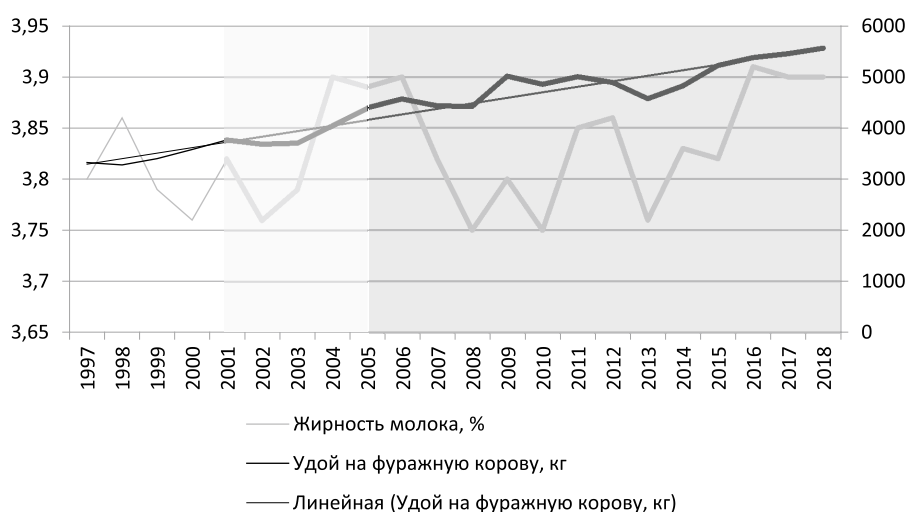
ских условиях НАО в анализируемый временной интервал, не имели существенных различий или были ниже.

Проведенный анализ показал, что удой на фуражную корову при силосно-концентратном типе кормления с 1997 по 2000 гг. находился в пределах 3277–3583 кг молока и являлся низким, притом что в 1989 г. было создано стадо с удоем 4000 кг молока. С переводом животных на сенажный тип кормления (2001–2004 гг.) удой на 1 фуражную корову повысился на 408,25 кг с достоверной разницей при $p < 0,001$. Перевод на нормированное кормление на основе детализированных норм позволил увеличить удой на 1095,79 кг ($p < 0,001$) (рисунок, табл. 1).

Молочная продуктивность по удою на фуражную корову в исследуемые временные интервалы находилась на уровне $3395,75 \pm 24,25$ кг (1997–2000 гг.), $3804,00 \pm 7,45$ кг (2001–2004 гг.), $4899,79 \pm 71,11$ кг (2005–2018 гг.).

Высокий размах варьирования удоя на фуражную корову 1171 кг (от – 506 кг до + 665 кг) в анализируемом интервале 2005–2018 гг. указывает на его высокие колебания $203,15 \pm 27,87$ кг и является следствием несбалансированности рационов по ряду показателей, что указывает на подверженность этого признака изменчивости под влиянием факторов кормления ($D = 156322,95$).

Жирность молока в исследуемые временные интервалы находилась на уровне $3,80 \pm 0,008$ % (1997–2000 гг.), $3,82 \pm 0,011$ % (2001–2004 гг.), $3,84 \pm 0,010$ % (2005–2018 гг.) и была недостоверной.



Динамика удоя на фуражную корову и жирности молока в разные периоды (1997–2000 гг.; 2001–2004 гг.; 2005–2018 гг.)

Таблица 1

Сравнительная оценка молочной продуктивности жирности молока коров холмогорской породы северного типа (Ненецкий автономный округ)

Период исследований, гг.	n	M ± SEM	min-max	Размах варьирования	Cv, %	D[X]
Удой на фуражную корову, кг						
1997–2000	4	3395,75 ± 24,25	3277–3583	306	3,97	18158,25
2001–2004	4	3804,00 ± 7,45	3690–4049	359	4,39	27820,67
2005–2018	14	4899,79 ± 71,11	4393–5564	1171	8,07	156322,95
Жирность молока, %						
1997–2000	4	3,80 ± 0,008	3,76–3,86	0,10	1,10	0,002
2001–2004	4	3,82 ± 0,011	3,76–3,90	0,14	1,58	0,004
2005–2018	14	3,84 ± 0,010	3,75–3,91	0,16	1,51	0,003

Примечание: n – размер выборки (годы), M – среднее арифметическое, SEM – стандартная ошибка, min-max – минимальное и максимальные значения, Cv – коэффициент вариации, D[X] – коэффициент рассеяния, разброса.

Таблица 2

Сельскохозяйственная оценка климата при формировании урожая за период 2005–2015 гг.

Период исследований, гг.	M ± SEM	min-max	Размах варьирования	Cv, %
Количество дней при формировании урожая, дн.				
2005–2015	55,00 ± 1,799	45–81	36	18,182
Сумма эффективных температур, °C				
2005–2015	618,73 ± 19,658	431–788,7	357,7	17,655
Сумма активных температур, °C				
2005–2015	465,645 ± 26,874	264,3–704,1	439,8	32,088
ГТК				
2005–2015	1,490 ± 0,107	0,75–2,49	1,74	39,871

Примечание: M – среднее арифметическое, SEM – стандартная ошибка, min-max – минимальное и максимальные значения, Cv – коэффициент вариации.

В ходе мониторинговых исследований установлено, что низкое качество заготавливаемых кормов обусловлено неблагоприятными природно-климатическими условиями, характеризующимися низкими температурными режимами воздуха и почвы с выпадением ежедневных обильных осадков в отдельные годы (2005, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015, 2018 гг.) (табл. 2), а также неудовлетворительным состоянием естественных кормовых угодий с низкорослой малоурожайной травянистой растительностью, что приводит к нарушению процессов заготовки и хранения кормов.

Полученные данные обработки метеорологических условий показали, что в среднем период формирования урожая составил 55 дней при широком размахе варьирования активных и эффективных температур (439,8 и 357,7) и высоком коэффициенте вариации (32,088 и 17,655) соответственно. По влагообеспеченности

период формирования урожая изменялся от сильно засушливого до избыточно влажного (коэффициент вариации ГТК 39,871 %), что свидетельствует о сильных колебаниях климатических условий по годам исследований.

В результате проделанной работы определено, что необходимо уделить внимание ранее разработанным ресурсосберегающим технологиям Нарьян-Марской СХОС для применения в условиях НАО, таким как:

- нормированное кормление высокопродуктивных коров печорского типа холмогорского скота на основе использования местных кормовых ресурсов в условиях Ненецкого автономного округа (2006);

- проведение мероприятий по улучшению пойменных кормовых угодий для условий Крайнего Севера (2002);

- выращивание сортов многолетних трав, рекомендуемых для улучшения травостоя в Ненецком автономном округе (2007);

– улучшение состояния пойменных лугов с использованием технологии полосного подсева в условиях Крайнего Севера РФ (2007);
– формирование высококачественных кормовых агроценозов для условий Ненецкого автономного округа РФ (2016).

Выводы

Таким образом, мониторинг молочной продуктивности коров при оптимизации питания в природно-климатических условиях Ненецкого автономного округа в период с 2005 по 2018 гг. показал, что внедрение системы нормированного кормления коров при нарушении сбалансированности рационов позволило за 14 лет получить удой на фуражную корову 5564 кг молока жирностью 3,9%.

Список литературы

1. Фирсов В.И., Кузьмина Л.Н., Корбут О.В., Кузьмин С.С. Оптимизация протеинового питания голштино-холмогорских коров с удоем 10 тыс. кг молока во второй фазе лактации в условиях Европейского Севера: материалы совместного заседания Северо-Западного регионального научного центра и Комитета по агропромышленному ком-

плексу и продовольственному рынку Мурманской области (г. Мурманск, 8–9 июля 2014 г.). 2014. С. 118–120.

2. Романенко Л.В., Волгин В.И., Пристач Н.В., Федорова З.Л. Организация полноценного кормления высокопродуктивных коров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 40. С. 72–77.

3. Гусаров И.В., Фоменко П.А., Богатырева Е.В. Система полноценного кормления КРС в Вологодской области // Сыроделие и маслоделие. 2018. № 4. С. 16–19.

4. Фирсов В.И., Кузьмина Л.Н., Корбут О.В., Кузьмин С.С. Эффективность использования протеина высокопродуктивными коровами с удоем 10 тыс. кг и выше по периодам физиологического цикла в условиях Европейского Севера // Продовольственная безопасность: материалы шестого международного форума (г. Великий Новгород, 21–23 мая 2015 г.). С.П., 2016. С. 179–183.

5. Глебова Е.А. Система нормированного кормления высокопродуктивных коров печорского типа холмогорского скота на основе использования местных кормовых ресурсов в условиях Ненецкого автономного округа. Рекомендации. Нарьян-Мар: Издательство Нарьян-Марской СХОС, 2006. 16 с.

6. Глебова Е.А., Романенко Т.М., Смирнова Л.В. Резервы повышения экономической эффективности производства молока в условиях Крайнего Севера // Научное обеспечение и перспективы развития АПК Ненецкого автономного округа: материалы научно-практической конференции к 70-летию Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции (г. Нарьян-Мар, 8–10 октября 2002 г.). Нарьян-Мар: Издательство Нарьян-Марской СХОС, 2002. С. 34–36.

СТАТЬИ

УДК 004:608

ПОДХОДЫ К ДЕПОНИРОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ

Барышев Р.А., Углев В.А., Захарьин К.Н.

Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: rbaryshev@sfu-kras.ru

В статье представлен обзор репозитория ряда ведущих университетов (БелГУ, МГСУ, ИГНИУ, Самарский университет) и подходы к депонированию объектов результатов интеллектуальной деятельности. В статье сравниваются существующие подходы в отношении практик, предложенных в проекте IPUniversity, созданном в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» ведущими университетами с головным исполнителем – Сибирским федеральным университетом. Рассмотрены функционал и характеристики репозитория высших учебных заведений, рассмотрены особенности и виды результатов интеллектуальной деятельности, попадающие под регулирование Гражданским кодексом РФ. Проводится анализ использования репозитория вузов и типов объектов, хранящихся в них. Обзор цифровой платформы IPUniversity показывает преимущества работы на основе технологии распределенного реестра, открывает новые возможности регулирования нетипичных объектов и управления авторскими правами. Решая проблемы ограниченности типов объектов, поддерживаемых институциональными репозиториями, цифровая платформа позволяет добиться увеличения числа научных и учебных коллабораций, улучшения качества материалов, размещаемых на платформе, с помощью системы оценок и рейтингов, а также отражать востребованность размещенных материалов.

Ключевые слова: репозиторий, распределенный реестр, результаты интеллектуальной деятельности, цифровая платформа, авторское право

APPROACHES TO THE DEPOSITORY OF THE RESULTS OF INTELLECTUAL ACTIVITY BY USING DISTRIBUTED TECHNOLOGIES REGISTRIES

Baryshev R.A., Uglev V.A., Zakharyin K.N.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: rbaryshev@sfu-kras.ru

The article provides an overview of the repositories of a number of leading universities and approaches to depositing objects of the results of intellectual activity. The article compares the existing approaches in relation to the practices proposed in the IPUniversity project, created within the framework of the Federal Target Program «Research and Development in Priority Areas of Development of the Scientific and Technological Complex of Russia for 2014–2020» by leading universities with the main executor of the Siberian Federal University. The functional and characteristics of the repositories of higher educational institutions are considered, the features and types of the results of intellectual activity that fall under the regulation of the Civil Code of the Russian Federation are considered. The analysis of the use of repositories of universities and the types of objects stored in them is carried out. An overview of the IPUniversity digital platform shows the advantages of working on the basis of distributed ledger technology, opens up new possibilities for the regulation of atypical objects and the management of copyright. Solving the problems of limited types of objects supported by institutional repositories, the digital platform allows you to achieve an increase in the number of scientific and educational collaborations, improve the quality of materials posted on the platform using a system of ratings and ratings, and also reflect the demand for posted materials.

Keywords: repository, distributed ledger, results of intellectual activity, digital platform, copyright

Результат интеллектуальной деятельности (РИД) – охраняемый законом нематериальный продукт, созданный для получения прибыли. Право собственности на результат интеллектуальной деятельности имеет только его автор. Виды РИД регулируются статьей 1225 4 ч. ГК РФ [1; 2]. На данный момент в Гражданском кодексе (ГК) зафиксировано 16 видов интеллектуальной собственности, на которые и распространяются общие положения четвертой части ГК РФ.

Согласно ГК РФ к интеллектуальной собственности относятся:

произведения науки, литературы и искусства, программы для ЭВМ, базы дан-

ных, исполнения, фонограммы, сообщение в эфир или по кабелю радио- или телепередач, изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, топологии интегральных микросхем, секреты производства (ноу-хау), фирменные наименования, товарные знаки и знаки обслуживания, наименования мест происхождения товаров, коммерческие обозначения.

Современное научное сообщество сталкивается с проблемами определения видов интеллектуальной собственности, не подпадающей под типологию, регулируемую ГК РФ. Вузы и НИИ как ведущие организации

в процессе производства научного знания идут по пути самостоятельного определения и фиксации уникальных видов РИД. Необходимо выявить пути решения проблем фиксации определенных типов РИД, предлагаемые вузами.

Создавая собственные репозитории, организации имеют возможность загрузки и фиксации нетипичных видов РИД, обеспечивая тем самым депонирование таких объектов. Утвержденная практика фиксации объектов интеллектуальной деятельности нетекстовой природы отсутствует (за исключением типов, описанных в 4 ч. ГК РФ). К созданным в научно-образовательных организациях нетипичным объектам авторского права можно отнести:

препринт, 3D-модель, программное обеспечение, обучающий курс, архитектурный образ, произведение живописи, социологическое исследование и т.д.

Более того, возможность использования электронных ресурсов, их доступность и свободный обмен между участниками научной коммуникации крайне важны в рамках современной научной и образовательной деятельности университетов.

Материалы и методы исследования

Далее мы рассмотрим опыт реализации процессов депонирования произведений на основании отчетов о депонировании объектов интеллектуальной собственности организаций – участников проекта IPUniversity: *IPUniversity* (<https://ipuniversity.ru/>) – специализированная цифровая платформа обмена знаниями и управления авторскими правами, работающая на основе технологии распределённого реестра (блокчейн). Проект призван способствовать формированию новых подходов к управлению цифровыми объектами авторского права (ЦОАП), повышению прозрачности, скорости и результативности работы ученых. Платформа IPUniversity позволяет оперативно и надежно регистрировать ЦОАП в распределённом реестре и управлять правами на объекты, заключая мгновенные договоры на основе смарт-контрактов. Проект рассчитан на вузовское и академическое сообщество: ученых-исследователей, преподавателей. Итогом проекта должно стать появление к концу 2019 года масштабного банка цифровых объектов авторского права и платформы с возможностью фиксации авторских прав, депонирования объектов, системой поиска и обмена объектами между обучающимися, преподавателями и исследователями ведущих университетов страны [3].

В обзоре раскрываются особенности организации процесса депонирования, в том числе некоторые аспекты технической и организационной реализации университетских репозиторий Самарского национального исследовательского университета, Пермского государственного национального исследовательского университета, Московского государственного строительного университета, Белгородского государственного национального исследовательского университета.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ использования репозиторий вузов

Репозитории вузов частично решают проблему депонирования нетипичных объектов и позволяют подгружать определенные виды РИД сотрудников организации.

Тип устройства и функционал аналогичен: вход в личный кабинет сотрудника посредством учетной записи организации, некоторый функционал личного кабинета: настройки учетной записи, хранение и упорядочивание личного архива.

В основном виды объектов, доступных к размещению, аналогичны: это непосредственно учебные материалы сотрудников, научные труды, изданные в организации, различного типа (монографии, материалы конференций, статьи, диссертации) и выпускные квалификационные работы (рис. 1).

Разделы

Выберите раздел для просмотра его коллекций.

Учебные материалы

4745

Учебники, справочники, лекционные курсы, методические указания и учебно-методические пособия Самарского университета в помощь учебному процессу по всем основным дисциплинам связанным как с техническими, так и гуманитарными дисциплинами.

Монографии и сборники научных трудов

1782

Научные работы ученых Самарского университета о проводимых фундаментальных и прикладных научных исследованиях.

Авторефераты и диссертации

1592

Основу коллекции составляют электронные копии авторефератов и диссертаций, прошедших защиту в диссертационных советах или защищенных сотрудниками Самарского университета в других организациях.

Материалы конференций

12517

Выпускные квалификационные работы

6282

Периодические издания

503

Рис. 1. Виды объектов в репозитории на примере Самарского университета

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Региональный центр интеллектуальной собственности

Поиск [Главная](#) [Информация](#) [Депозитарий ноу-хау](#) [Базы данных](#) [Ресурсы](#)

Депозитарий

Депозитарий ноу-хау

Региональный депозитарий ноу-хау входит в структуру Регионального центра интеллектуальной собственности, функционирующего на базе отдела интеллектуальной собственности управления инноваций Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (далее НИУ «БелГУ»).

Депозитарий ноу-хау в своей деятельности руководствуется Гражданским Кодексом РФ, Федеральным Законом от 27.07.2006 г. №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», Федеральным Законом от 29.07.2004 г. №98-ФЗ «О коммерческой тайне», Уставом НИУ «БелГУ».

Принципы деятельности депозитария ноу-хау

- обеспечение режима коммерческой тайны и прав интеллектуальной собственности;
- регистрация ноу-хау не является правообразующей, носит факультативный (необязательный) характер и осуществляется по заявке их обладателей;
- регистрация ноу-хау является официальным уведомлением общественности о правах Правообладателя в отношении данного РИД, охраняемого в режиме коммерческой тайны (ноу-хау).

Цели депозитария ноу-хау

Рис. 2. Депозитарий ноу-хау НИУ БелГУ

РЕЕСТР РИД МГСУ

Объектами учета Реестра РИД МГСУ являются результаты интеллектуальной деятельности, созданные работниками МГСУ в связи с выполнением своих трудовых обязанностей или конкретного задания работодателя (служебные результаты интеллектуальной деятельности), способные к правовой охране или имеющие правовую охрану в соответствии со ст. 1225 Части 4 Гражданского кодекса:

- изобретения
- полезные модели
- промышленные образцы
- топологии интегральных микросхем
- программы для электронно-вычислительных машин
- базы данных
- секреты производства (ноу-хау)
- товарные знаки
- служебные объекты авторских прав

Рис. 3. Реестр РИД МГСУ

Таким образом, сотрудники и обучающиеся имеют свободный доступ к данным видам материалов. В НИУ БелГУ реализован депозитарий ноу-хау для обеспечения депонирования РИД (рис. 2).

Сама электронная библиотека БелГУ (library-mp.bsu.edu.ru/MegaPro/Web) также обеспечивает доступ к уже упомянутым выше видам объектов, а также возможность их размещения сотрудниками организации.

В НИУ МГСУ также реализован отдельный реестр РИД (рис. 3), обеспечивающий фиксацию только тех видов объектов, которые отражены в ст. 1225 части 4 Гражданского кодекса.

Учебная и научная литература, издания МГСУ доступны в рамках работы научно-технической библиотеки (lib.mgsu.ru).

Репозиторий ПГНИУ (рис. 4), помимо классических для университетских репози-

ториев функций, позволяет самостоятельно загружать некоторые виды цифрового контента, при этом пользователь самостоятельно отвечает за соблюдения авторских прав подобных объектов, в том числе путем ре-гулирования уровня доступа.

Таким образом, реализуемый в университетах процесс депонирования объектов интеллектуальной деятельности предоставляет возможность сохранения и обеспечения доступности результатов научной деятельности, обеспечивает их длительное хранение и накопление. Университетские репозитории обеспечивают также демонстрацию достижений исследователей организации и надежный доступ благодаря утвержденным регламентам депонирования нетипичных объектов, присущих деятельности научных и образовательных учреждений. Принятые механизмы стиму-

лирования исследователей за разработку подобных объектов позволяют добиться положительной динамики и роста числа разработок РИД различного характера. Однако перечень типов объектов, поддерживаемых институциональными репозиториями, ограничен. Объекты, относящиеся к публикационной деятельности, могут быть загружены в случае, если издателем является организация – учредитель репозитория. Фактически институциональный репозиторий полноценно реализует функцию хранения ограниченного числа видов объектов интеллектуальной собственности.

Типы объектов, обычно подходящих под процесс депонирования репозиториями вузов, носят недостаточный характер [4–7]. Помимо проблемы с возможностью фиксации авторских прав в институциональных репозиториях, возникают трудности с размещением нетипичных объектов, являющихся важной частью образовательного и исследовательского процесса. Цифровая платформа IPUniversity, работающая на основе технологии распределенного реестра, предоставляет возможность к депонированию не только классических типов объектов, но и различных цифровых объектов авторского права (рис. 5).

Размещение электронных ресурсов в библиотеке ПГНИУ

Факультеты, кафедры и подразделения могут получить доступ на размещение электронного контента в библиотеке.

Для загрузки должен быть назначен ответственный, который получит права на загрузку ресурсов в отдельные подкаталоги.

На загруженный контент можно ограничить доступ только сотрудникам и студентам ПГНИУ. Для PDF и EPUB можно запретить скачивание.

Поддерживается загрузка контента:

- книги и статьи в PDF;
- видео;
- презентации, экспортированные в PDF;
- веб-контент в ZIP-архиве (статические сайты);
- EPUB.

Загружающие контент самостоятельно отвечают за соблюдение авторских прав.

Рис. 4. Размещение в репозитории ПГНИУ



Рис. 5. Возможные цифровые объекты авторского права, доступные для размещения на платформе IPUniversity

Заключение

Платформа дает возможность депонирования, надежного хранения с возможностью отслеживания всех операций, производимых с объектом, настройки своего личного кабинета, обмена объектами между пользователями и просмотра объектов других организаций – участников проекта [8; 9].

Таким образом, возможности цифровой платформы решают проблему недостаточности тех объектов интеллектуальной собственности, которые регулируются статьей 1225 4 ч. ГК РФ, позволяют выходить за рамки одной организации, тем самым расширяя возможности типичного институционального репозитория, а также позволяют удостоверить ваше авторское право на объект интеллектуальной собственности. Возможности платформы позволяют увеличить число коллабораций сотрудников для дальнейшего создания учебных и научных материалов, а также отслеживать востребованность материалов по объективным показателям использования и цитируемости.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (код темы исследования № ФСРЗ-2020-0011).

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации. Ч. 4 (18.12.2006, № 230 ФЗ).
2. ГОСТ Р 57100-2016 «Системная и программная инженерия. Описание архитектуры». М.: Стандартинформ, 2016. 36 с.
3. Конкурсная документация лота 2017-14-596-0008 «Создание и запуск цифровой платформы обмена знаниями и управления авторскими правами». [Электронный ресурс]. URL: http://fcpir.ru/participation_in_program/contests/list_of_contests/1_published/2017-14-596-0008 (дата обращения: 15.10.2020).
4. Рождественская М.Ю. Репозиторий как реализация идей открытого доступа к научным публикациям: подходы к классификации // Библиосфера. 2015. № 2. С. 86–94.
5. Федотов А.М., Байдавлетов А.Т., Жижимов О.Л., Самбетбаева М.А., Федотова О.А. Цифровой репозиторий в научно-образовательной информационной системе // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2015. № 3 (13). С. 68–86.
6. Жижимов О.Л., Федотов А.М. Цифровые репозитории на основе DSpace: основные принципы, технологии, практика // Информационные технологии в гуманитарных исследованиях. 2015. № 21. С. 85–96.
7. Волкова Л.М., Креймер А.С. Институциональный репозиторий: автоматизация научно-исследовательской деятельности университета // Инновации в науке. 2014. № 30–1. С. 82–88.
8. Углев В.А., Барышев Р.А. Сервисы интеллектуального анализа данных в проекте цифровой платформы обмена знаниями и управления авторскими правами // Робототехника и искусственный интеллект: материалы IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Красноярск: ЛИТЕРА-принт, 2017. С. 141–146.
9. Углев В.А. Концептуальная модель организации данных реестра фрагментированных электронных ресурсов // Материалы XXVI Всероссийского семинара. Под редакцией А.Н. Горбаня. Красноярск: Институт вычислительного моделирования СО РАН, 2018. С. 128–132.

УДК 551.465

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДВОДНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО НАХОЖДЕНИЯ ГРАНИЦ ГОРИЗОНТОВ ПОВЫШЕННОЙ МУТНОСТИ *IN SITU*

Оленин А.Л.*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: olenin.al@ocean.ru*

При проведении экспедиций в прибрежной зоне возникают задачи исследования вод повышенной мутности, как то: речных пломов, потоков, выносимых тающими ледниками или возникающих от возмущений при дноуглубительных работах. Традиционно для таких исследований используются различные нефелометры, основанные на регистрации рассеянного света одиночным фотоприемником. В статье рассматривается применение для регистрации мутной воды подводной видеокамеры со специальной системой освещения. Это погружаемая видеокамера для видеорегистрации частиц взвеси и зоопланктона. Камера оснащена также высокоточным датчиком абсолютного гидростатического давления, позволяющим определять текущую глубину, на которой производится видеосъемка. Видеосъемка частиц взвеси или зоопланктона имеет свои отличия, позволяющие применить ее для регистрации сильно рассеивающей водной среды. Показана схема используемой камеры с системой освещения. Камера выполнена в глубоководном исполнении. Осветительная система представляет собой несколько герметичных светодиодных осветителей со сравнительно узким световым пучком белого света. Используемая схема защищена от естественной световой помехи, существующей в приповерхностном слое воды. Показан внешний вид зонда, в состав которого входит камера. Представлены результаты измерений, выполненных в 81 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в августе – сентябре 2020 г. в Карском море. Продемонстрирована эффективность метода исследования границ мутных горизонтов с помощью видеокамеры для исследования частиц взвеси, оснащенной специальной системой освещения.

Ключевые слова: дноуглубление, нефелометр, видеокамера, взвесь, рассеяние

USING AN UNDERWATER VIDEO CAMERA TO QUICKLY LOCATE WATER LAYERS OF INCREASED TURBIDITY *IN SITU*

Olenin A.L.*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: olenin.al@ocean.ru*

During expeditions in the coastal zone, the tasks arise of studying waters of increased turbidity, such as river plumes, streams carried out by melting glaciers or arising from disturbances during dredging operations. Traditionally, for such studies, various nephelometers are used, based on the registration of scattered light with a single photodetector. The article discusses the use of an underwater video camera with a special lighting system for recording turbid water. This is a submersible video camera for video recording of particulate matter and zooplankton. The camera is also equipped with a high-precision absolute hydrostatic pressure sensor that allows you to determine the current depth at which video is being filmed. Videography of particulate matter or zooplankton has its own differences, allowing it to be used for recording a highly scattering aquatic environment. Shown is a diagram of a used camera with a lighting system. The camera is made in deep-sea design. The lighting system consists of several sealed LED illuminators with a relatively narrow white light beam. The used circuit is protected from natural light interference existing in the near-surface water layer. Shown is the appearance of the probe, which includes the camera. Presented are the results of measurements performed on cruise 81 of the R / V Akademik Mstislav Keldysh in August-September 2020 in the Kara Sea. The efficiency of the method for studying the boundaries of turbid waters using a video camera for studying suspended matter particles equipped with a special lighting system has been demonstrated.

Keywords: dredging, nephelometer, video camera, suspension, dispersion

При проведении исследований в прибрежной зоне существуют задачи исследования вод повышенной мутности, как то: речных пломов, потоков, выносимых тающими ледниками, возникающих при дноуглубительных работах [1, 2]. Традиционно для измерений *in situ* при этом используются различные нефелометры, основанные на регистрации рассеянного света одиночным фотоприемником. Нефелометры при этом вводятся в состав погружаемой зондирующей аппаратуры. Потенциально возможно использование для оперативной регистрации повышенной мутности погружаемых видеокамер, что косвенно под-

тверждается опытом проведения подводно-технических работ в придонных условиях, на мелководье, в мутной речной воде и т.п. В статье рассматривается применение для регистрации мутной воды подводной видеокамеры со специальной системой освещения.

Материалы и методы исследования

В литературе, касающейся исследования степени мутности воды, наиболее часто встречается понятие «турбидиметр» (turbidimeter, от англ. turbidity – мутность) и соответствующее название метода анализа «турбидиметрия». В русскоязычной ли-

температуре можно встретить названия «мутномер» и «нефелометр» и даже «анализатор взвешенных частиц» [3, 4]. С формальной точки зрения принято считать, что турбидиметр – это анализатор мутности, использующий фотометрический принцип и определяющий поглощение в слое анализируемого вещества при условии, что источник излучения и детектор расположены на одной оси. В нефелометрах для определения мутности используется принцип светорассеяния, определяемого под различными углами к источнику.

В последние два года мы ведем работу по видеорегистрации частиц взвеси и зоопланктона с помощью погружаемой видеокамеры со специализированной системой освещения. Камера оснащена также высокоточным датчиком абсолютного гидростатического давления, позволяющим определять текущую глубину, на которой производится видеосъемка.

Эту камеру оказалось возможно использовать при вертикальном зондировании водной толщи для оперативного выявления горизонтов с повышенной мутностью воды, о чем и будет рассказано ниже.

Особенностью подводной видеосъемки является использование осветительной системы наблюдаемого объекта, создающей минимальную фоновую засветку. Засветка образуется за счет рассеяния на частицах взвеси, проплывающих между иллюминатором видеокамеры и объектом. При традиционной видеосъемке объекты находятся на достаточно большом расстоянии, определяемом ближней границей резко изображаемого пространства. Объектами могут быть морское дно, расположенные на нём предметы (в том числе животные, растения), гидротехнические сооружения, находящиеся в толще воды представители ихтиофауны или морские животные.

Видеосъемка таких объектов имеет следующие особенности:

- масштаб изображения значительно меньше единицы (объекты изображаются на матрице с сильным уменьшением);
- необходима достаточная мощность системы освещения;
- система освещения – это, как правило, направленный вперед на объект ансамбль светильников, расположенных сбоку от поля зрения камеры для уменьшения фонового рассеяния назад.

Видеосъемка частиц взвеси или зоопланктона имеет свои отличия:

- масштаб изображения немного меньше единицы (объекты изображаются на матрице с небольшим уменьшением);

– объектив задиафрагмирован (работает на больших диафрагменных числах), поэтому требуется мощная система освещения;

– система освещения должна освещать находящиеся в поле зрения, ограниченном глубиной резкости, частицы, находящиеся в толще воды относительно недалеко от входного иллюминатора видеокамеры.

Схема используемой нами камеры с системой освещения показана на рис. 1. Все узлы камеры выполнены в глубоководном исполнении. Осветительная система 1 представляет собой несколько герметичных светодиодных осветителей со сравнительно узким световым пучком белого света. Осветители расположены в воде вокруг объема поля зрения камеры 2 (объем поля зрения камеры представляет собой освещенную пирамиду с размерами примерно 60 мм×80 мм×20 мм). Большое количество одиночных осветителей обеспечивает гарантированное заполнение светом всего резко изображаемого объема.

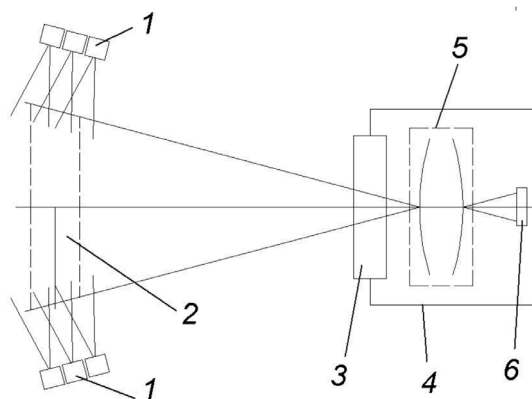


Рис. 1. Схема применяемой камеры
(1 – осветитель; 2 – объем поля зрения камеры; 3 – входной иллюминатор; 4 – прочный корпус; 5 – объектив; 6 – матрица видеокамеры)

Регистрация частиц взвеси и планктона не является предметом данной статьи, речь будет идти о регистрации повышенной мутности воды.

Внешний вид зонда, в состав которого входит камера, представлен на рис. 2. Для обеспечения измерений использована измерительно-технологическая платформа (ИТП) разработки ИО РАН, обеспечивающая для погружаемого устройства зондирование на оптико-волоконном кабеле на глубину до 200 м, канал связи Ethernet с судовым блоком. Подробнее работа с подобными зондами с помощью ИТП описана в [5].

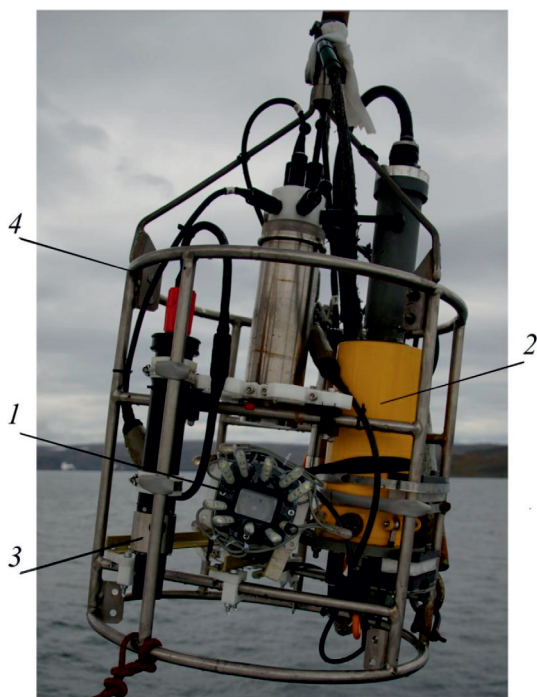


Рис. 2. Общий вид зонда (1 – камера видеорегистрации; 2 – блок связи и питания, содержит датчик глубины; 3 – CTD-датчик; 4 – несущая рама)

Система освещения включается оператором кнопкой на пульте управления.

Мгновенно регистрируемый камерой объем зонда 60 мм×80 мм×20 мм с минимально регистрируемым размером частицы 0,5 мм. Использована цифровая видеокамера SONY RX0 с модифицированной оптической схемой. Видеоизображение с зонда в реальном времени отображается на экране оператора в разрешении примерно 2 Мп. Стоп-кадры более высокого качества (15 Мп) делаются оператором в любой нужный момент кнопкой на экране и сохраняются во Flash-памяти камеры видеорегистрации. Глубина погружения измеряется датчиком давления, находящимся в блоке связи и питания зонда с точностью $\pm 0,25\%$ от диапазона и отображается на экране оператора одновременно видеоизображением с камеры.

После завершения зондирования и подъема зонда на палубу судна производится извлечение Flash-карты из камеры и перенос фотоснимков на компьютер оператора.

Результаты исследования и их обсуждение

В 81 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в августе – сентябре 2020 г.

нами проводились зондирования описанным выше зондом с целью видеорегистрации частиц взвеси в акватории Карского моря. Среди прочего, работы проводились в зонах выноса талых вод ледников Новой Земли, насыщенных взвешенным веществом. Традиционно прозрачность воды в рейсах меряют прозрачномерами, которые в области мутной воды показывают резкое увеличение показателя ослабления направленного света, вплоть до зашкаливания приборов [1].

Особенностью описанной выше видеокамеры является достаточно сильная расходимость освещающих пучков отдельных осветителей осветительной системы. Это приводит к наличию паразитного рассеяния на частицах, не находящихся в поле зрения камеры. Свет из этих пучков падает на частицы под различными углами, в том числе часто реализуются углы, свойственные нефелометрическим измерителям. В случае достаточно мутной воды это приводит к тому, что в поле зрения камеры попадает много рассеянного водой света. Оператор видит это на экране как яркий белый туман, закрывающий все поле зрения. Таким образом, появление в поле зрения такого тумана однозначно говорит о наличии сильного рассеяния света водой, а значит, её мутности.

Причем при работе днем в приповерхностных водах, в силу небольшого относительного отверстия объектива и малого времени экспозиции, в кадрах отсутствует световая помеха от поверхностной дневной освещенности. Дело в том, что в данной схеме видеорегистрации требуемая освещенность от системы освещения гораздо больше возможной естественной освещенности в поверхностных и тем более глубинных горизонтах. При выключенной системе освещения экран оператора однозначно темный.

Нами был проведен эксперимент по вертикальному зондированию зондом с нашей видеокамерой нижней границы такого мутного слоя, в данном случае поверхностного.

На одной из станций, находясь в зоне выноса вод от ледника с борта корабля, мы наблюдали визуальную сильно грязную мутную воду. Было выполнено зондирование с визуальным наблюдением поля зрения камеры на экране оператора. При этом регистрировалась глубина погружения по датчику давления, делались стоп-кадры для дальнейшей расшифровки и записывались CTD-параметры с датчика. Результаты зондирования представлены на рис. 3.

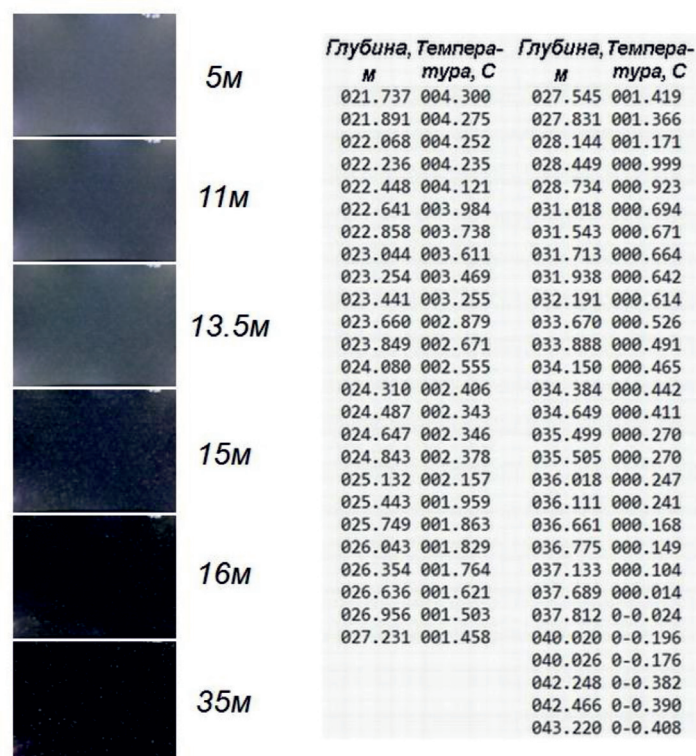


Рис. 3. Результаты регистрации границы горизонтов разной мутности

В левой части рисунка вертикально расположены снимки с горизонтов, глубина которых отмечена рядом, в правой части приведена таблица с данными температуры STD-датчика. Кадры, снятые в мутной воде, всегда с белым фоном, снятые же в воде чистой значительно темнее. Граница между мутным поверхностным и чистым нижележащим горизонтами легко обнаруживается оператором визуально и отмечается с экрана по индикатору глубины. В данном случае граница располагалась на глубине 13,7–14 м. Справа представлена таблица вертикального профиля температуры.

Выводы

Продемонстрирована эффективность метода исследования границ мутных горизонтов с помощью видеокамеры для исследования частиц взвеси, оснащенной специальной системой освещения. Это может быть использовано при проведении исследовательских работ в прибрежной зоне,

в зонах выноса ледников, дноуглубительных работах.

Список литературы

1. Артемьев В.А., Реджепова З.Ю. Результаты сопоставления данных по концентрации взвешенного вещества и показателю ослабления света в экстремально мутных водах арктических морей России // Геология морей и океанов: материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. 2019. С. 27–31.
2. Назирова К.Р., Лаврова О.Ю., Краюшкин Е.В. и др. Особенности выявления параметров речного плюма контактными и дистанционными методами // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 227–243.
3. Белозёрова Е.В., Чалов С.Р. Определение мутности речных вод оптическими методами // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2013. № 6. С. 39–45.
4. Левашов Д.Е. Техника экспедиционных исследований: Инструментальные методы и технические средства оценки промыслово-значимых факторов среды. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 400 с.
5. Смирнов Г.В., Матишов Г.Г., Оленин А.Л., Аистов Е.А., Григоренко К.С., Степаньян О.В. Морские испытания многоканальной измерительно-технологической платформы // Вестник южного научного центра. 2014. Т. 10. № 3. С. 54–60.

УДК 551.465

ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ**Розман Б.Я., Елкин А.В.***Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: borisdrug@mail.ru*

В статье рассматриваются вопросы создания нового поколения технических средств исследования океанов, морей и внутренних водоемов. Их особенностью является возможность длительного мониторинга параметров гидросферы, а также поиска и контроля потенциально опасных подводных объектов. Начавшееся развертывание многотысячных группировок мини-спутников (проект Илона Маска и др.), обеспечивающих создание глобальной телекоммуникационной сети, позволяет осуществлять измерения и постоянную передачу данных в центры сбора и хранения (data centers) с надводной и подводной малогабаритной, малопотребляющей, автономной аппаратуры. Стремительное развитие высоких технологий, в том числе компьютерных и телекоммуникационных, позволило приступить к созданию нового поколения исследовательских приборов с мощными встроенными компьютерами и средствами телекоммуникации, предопределило возможность создания дистанционно управляемых поисково-осмотровых и исследовательских аппаратов-роботов (по международной терминологии – ROV-remotely operated vehicle) и обсерваторий с возможностью объединения их кабельными и спутниковыми каналами. Такие каналы представляют собой подводный сегмент Интернета (или IoT – интернет-вещей). С их помощью можно проводить широкомасштабные измерения гидрофизических и гидрохимических параметров морской воды в реальном времени, исследовать придонную флору и фауну, проследить динамику изменений состояния гидросферы. На основе этих станций можно будет создавать сети исследовательских и мониторинговых станций, имеющих в составе измерительные приборы, подводные телеуправляемые аппараты и роботы, соединенные подводным кабелем или поверхностными буйами со спутниковой связью. Такие кабели (и/или буи) будут соединены с Интернетом и позволят получать информацию в реальном времени со всех станций и управлять ими. Эти станции постепенно придут на смену эпизодическим исследованиям, проводимым с судов, сделают исследования существенно дешевле и постоянными во времени.

Ключевые слова: подводный аппарат, робототехника, океан, исследования, наука**SOFTWARE/HARDWARE PLATFORM FOR REMOTE CONTROL OF UNDERWATER ROBOTICS SYSTEM****Rozman B.Ya., Elkin A.V.***Institute of oceanology RAS, Moscow, e-mail: borisdrug@mail.ru*

The article deals with the creation of a new generation of technical means for the study of oceans, seas and inland reservoirs. Their feature is the possibility of long-term monitoring of hydrosphere parameters, as well as search and control of potentially dangerous underwater objects. The deployment of thousands of mini-satellites (the project of Elon Musk and others) that provide a global telecommunications network has begun, allowing measurements and constant data transmission to data collection and storage centers from surface and underwater small-sized, low-consumption, Autonomous equipment. The rapid development of high technologies, including computer and telecommunications, allowed us to start creating a new generation of research devices with powerful built-in computers and telecommunications, predetermined the possibility of creating remotely controlled search and inspection and research devices-robots (in international terminology – ROV-remotely operated vehicle) and observatories with the possibility of combining them with cable and satellite channels. Such channels are an underwater segment of the Internet (or IoT – Internet of things). They can be used to conduct large-scale measurements of hydrophysical and hydrochemical parameters of seawater in real time, to study the bottom flora and fauna, and to track the dynamics of changes in the state of the hydrosphere. Based on these stations, it will be possible to create networks of research and monitoring stations that include measuring instruments, underwater remote-controlled devices and robots connected by an underwater cable or surface buoys with satellite communications. These cables (and/or buoys) will be connected to the Internet and allow you to receive real-time information from all stations and manage them. These stations will gradually replace the occasional research conducted from ships, making them cheaper and permanent over time.

Keywords: underwater vehicle, robotics, ocean, researches, science

Научные биоэкологические исследования в гидросфере требуют современной аппаратуры, способной проводить широкомасштабные измерения параметров состояния гидросферы и оперативно отслеживать их изменения. Для длительного мониторинга необходимо создание технических средств с дистанционным управлением и коммуникационными каналами передачи информации.

Стремительное развитие высоких технологий, в том числе компьютерных и телекоммуникационных, позволило приступить к созданию нового поколения исследовательских приборов с мощными встроенными компьютерами и средствами глобальной телекоммуникации, предопределило возможность создания дистанционно управляемых поисково-осмотровых и исследовательских аппаратов-роботов

(по международной терминологии – ROV-remotely operated vehicle) и обсерваторий с возможностью объединения их кабельными или спутниковыми каналами [1, 2]. Такие каналы представляют собой подводный сегмент Интернета (или IoT – интернет-вещей). С их помощью можно проводить широкомасштабные измерения гидрофизических и гидрохимических параметров морской воды в реальном времени, исследовать придонную флору и фауну, проследить динамику изменений состояния гидросферы. На основе этих станций можно будет создавать сети исследовательских и мониторинговых станций, имеющих в составе измерительные приборы, подводные телеуправляемые аппараты и роботы, соединенные подводным кабелем или поверхностными буями со спутниковой связью. Такие кабели (и/или буи) будут соединены с Интернетом и позволят получать информацию в реальном времени со всех станций и управлять ими. Эти станции постепенно придут на смену эпизодическим исследованиям, проводимым с судов, сделают исследования дешевле и постоянными во времени. Конечно, не следует ожидать, что они скоро покроют весь океан, но вполне реально их использование в первую очередь для научных и экологических исследований прибрежных шельфовых зон. Об этом свидетельствует развитие международных проектов Venus, Neptun, Mars по прокладке сетевых кабелей с узлами для подключения исследовательской подводной аппаратуры вдоль участков побережья США и Европы. Организован международный консорциум из десятков университетов, компаний и фондов. Проводится работа по стандартизации интерфейсов, протоколов связи и систем питания. Первые опытные станции уже развернуты.

Цель данной работы – описание проекта создания программно-аппаратной платформы (ПАП) для удаленной работы со стационарной и мобильной подводной аппаратурой, решающей задачу периодического и долговременного мониторинга.

Рассматриваются два возможных варианта ПАП.

1. Установка внешнего блока для уже существующих аппаратов, например модернизация отечественного телеуправляемого подводного аппарата (ТПА) ГНОМ [3].

2. Использование встроенного бортового модуля для новой серии аппаратов Супер ГНОМ-ПРО.

Методы и материалы. Описание системы

Платформа является своего рода шлюзом или мостом, обеспечивающим канал

связи между удаленным оператором и самим аппаратом по сети Интернет. Комплекс ТПА имеет в составе собственно подводный аппарат, кабель-связку и надводную станцию управления (размещается на судне-носителе или на берегу). По кабель-связке подается питание на аппарат и идет обмен данными по дуплексному каналу (в одну сторону – команды управления, а в другую – телеметрия с датчиков). Скорость потока данных доходит до 50 Мбит/с. В серии малых аппаратов-роботов ГНОМ, сконструированных и выпускаемых Институтом океанологии РАН и компанией ООО Индэл-Партнер, в качестве кабель-связки используется коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом, по которому передаются смешанный сигнал питания, видео (композит) и телеметрия [4]. В надводной станции имеется электронный блок на базе микроконтроллера Atmega128, который принимает с джойстика команды оператора и транслирует их по кабелю в подводный аппарат, а данные телеметрии с аппарата принимает и преобразовывает в телетекст (алфавитно-цифровые данные, отрисованные поверх видеокартинки) и пересылает их в компьютер через USB-порт.

На рис. 1 представлены состав оборудования и схема работы с удаленным доступом для мониторинга состояния подводных частей платформы.

ТПА ГНОМ находится в подводном положении, он соединен кабелем-связкой с управляющим станцией пультом оператора, находящимся на морской нефтедобывающей платформе. В составе станции имеется аппаратура ПАП с программой СЕРВЕР в виде отдельного блока, который соединен с СОМ портом управляющего компьютера. ТПА ГНОМ, имеющий на борту видеокамеры, может обследовать состояние опор нефтяных платформ, при этом пилот-оператор находится в любом месте и управляет аппаратом через Интернет с помощью программы КЛИЕНТ, разработанной в данном проекте, и получает видео и телеметрию (в зависимости от качества канала возможны задержки). Программа СЕРВЕР принимает данные от оператора по сети, переформатирует их в команды аппарата и пересылает через кабель-связку в бортовой модуль ТПА. Связь с ТПА производится через специальный модем (на основе ЧМ-модуляции) по витой паре кабеля. Длина кабеля может доходить до 400 м, скорость потока – до 50 Мбит/с. Этот интерфейс и программа коммуникации «оператор – борт» разработаны в данном проекте.

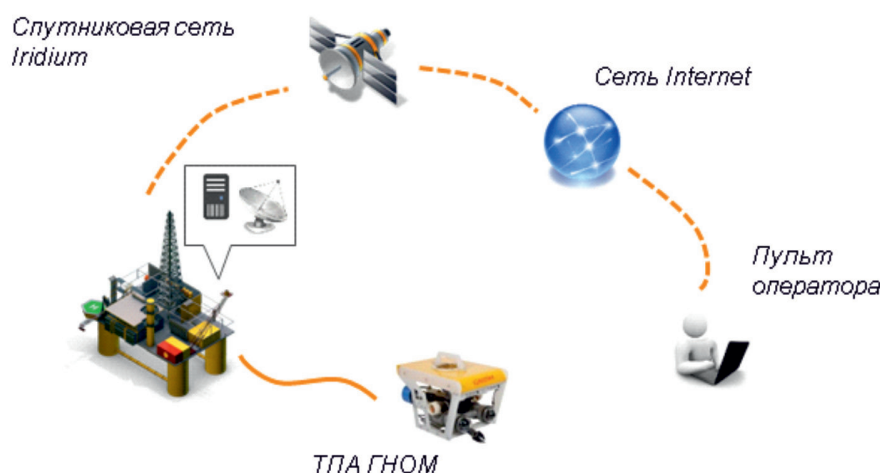


Рис. 1. Схема работы с удаленным оператором.
Мониторинг состояния морской нефтедобывающей платформы

ТПА сможет использоваться для решения научных и экологических задач, а именно осуществлять:

- подводные видеонаблюдения и научные исследования (измерения гидрофизических и гидрохимических параметров воды) как в прибрежных водах России, так и в Мировом океане;

- идентификацию видов морской фауны и флоры, токсических и вредоносных форм водорослей и простейших;

- экологический мониторинг дна и искусственных сооружений типа нефтяных платформ, трубопроводов, а также затонувших судов и потенциально опасных объектов (контейнеров с радиоактивными отходами, затопленных судов со снарядами, химоружием и т.д.);

- исследование природных и антропогенных чрезвычайных ситуаций в морских акваториях;

- обследование дна и придонного слоя при прокладке трубопроводов, кабелей и т.д.

Разработан действующий опытный образец ПАП – универсальный шлюз для коммуникаций между существующими ТПА и сетью. Это принципиально новый инструмент для проведения подводных исследований, представляющий собой телеуправляемый комплекс с возможностью работы как с судов, так и с морских сооружений типа нефтедобывающих платформ, а также в составе подводной информационно-управляющей сети.

ТПА оснащен движительным винто-моторным комплексом, высокочувствительными видеокамерами высокого разрешения с осветителями, измерительными датчика-

ми гидрофизических и гидрохимических параметров морской воды, гидролокационными средствами высокого пространственного разрешения, манипулятором для отбора проб (воды, биомассы, грунта), необходимым набором навигационных датчиков (глубины, курса), системой определения координат, а также имеется возможность установки устройств навесного типа, например измерителей гамма-излучения, магнитометра и др.

Важным отличием от существующей аппаратуры является вышеупомянутая возможность работы в следующих режимах:

- 1) в режиме управления оператором с поверхности;

- 2) в подводной кабельной сети (международные проекты Venus, Mars, Neptun);

- 3) через поверхностные буйковые станции [5].

Выводы

Предложен и проработан проект гибридного интернет-управляемого поисково-осмотрового комплекса (рис. 2) на базе безэкипажного катамарана и спускаемого ТПА. Оператор удаленно управляет ТПА системой через Интернет, на берегу устанавливается антенна-усилитель Wi-fi. Радиус действия радиоканала – 1–1,5 км. В качестве безэкипажного катамарана предполагается использовать разработку компании Evologics Sonebot (Германия).

Конструкция (рис. 3) выполнена в виде несущей полипропиленовой рамы, герметичных прочных корпусов с крышками с гермоводами с задней стороны и иллюминаторами для видеокамеры (видеокамер) спереди.

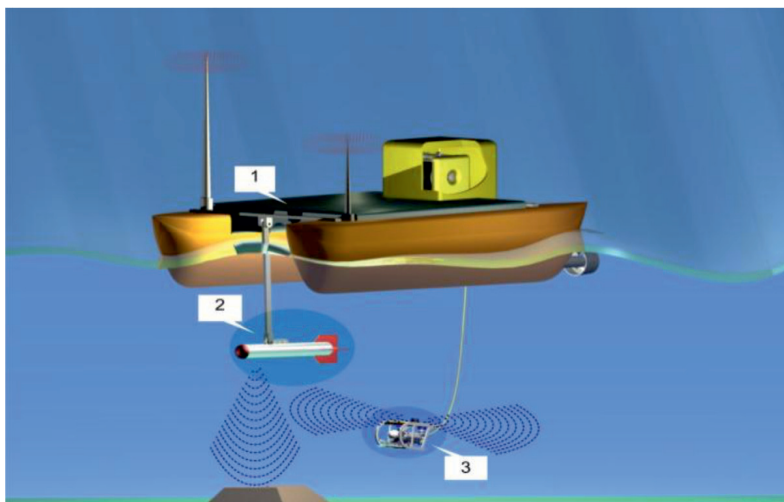


Рис. 2. Катамаран со средствами ориентации и ТПА:
1 – беспилотный полуавтономный катамаран; 2 – гидролокатор бокового обзора; 3 – ТПА

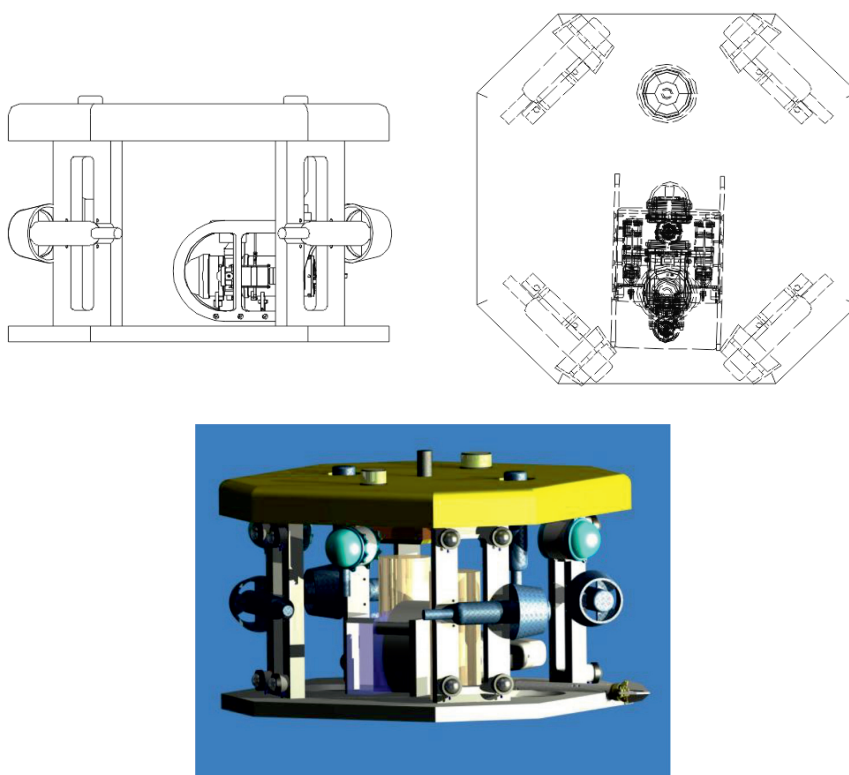


Рис. 3. Общий вид и конструкция ПАП (модель)

Внутри корпусов размещены источник и преобразователь питания, блок электроники и электронный компас, а также датчик глубины, мембрана которого выходит наружу на задней крышке.

Подводная платформа приводится в движение шестью двигателями, жестко

закрепленными на раме: четырьмя горизонтальными, двумя вертикальными.

Кроме того, на раме могут быть дополнительно установлены кластеры светодиодных осветителей (количество может варьироваться), манипулятор, гидролокатор кругового обзора, набор датчиков для сбо-

ра информации (температуры, солености и т.п.).

Для придания подводному модулю плавучести, близкой к нейтральной, на раму устанавливается блок плавучести.

Платформа связана с доковой станцией кабелем, по которому подаются электропитание, команды управления и телеметрия – данные с измерительных датчиков и гидроакустических приборов и видеопоток с камер.

Статья написана в рамках темы Государственного задания № 0149-2019-0012. «Технологии широкого спектра наблюдений в гидросфере на базе подводных робототехнических комплексов, обитаемых аппаратов и систем: разработка подводных аппаратов и роботизированных систем телеуправляемых платформ с сетевой архитектурой для мониторинга гидросферы, в том числе на предельных глубинах в Мировом океане».

Список литературы

1. Римский-Корсаков Н.А., Казеннов А.Ю., Розман Б.Я. Технология мониторинга экологии заливов восточного побережья Новой Земли в Карском море // Экосистема Карского моря – новые данные экспедиционных исследований: материалы научной конференции. М.: ООО «АИП», 2015. С. 258–266.
2. Ильинский Д.А., Гинзбург А.А., Воронин В.В., Ганжа О.Ю., Манукин А.Б., Рогинский К.А. О создании цифровых донных сейсмических станций нового поколения: настоящее и взгляд в будущее // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. № 2. С. 87–101. DOI: 10.31857/S0869-78092019287-101.
3. Горлов А.А. Океанская возобновляемая энергетика: технологии и экономика // Энергия: экономика, техника, экология. 2019. № 6. С. 26–43. DOI: 10.7868/S0233361919060053.
4. Горлов А.А. Океанские автономные гибридные ВИЭ // Энергия: экономика, техника, экология. 2020. № 7. С. 36–49. DOI: 10.7868/S0233361919060058.
5. Горлов А.А. Зарядные станции автономных робототехнических систем океанологических исследований // Научное обозрение. Технические науки. 2019. № 4. С. 27–35. DOI: 10.17513/srts.1253.

СТАТЬИ

УДК 532.5:517.23

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА В НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ ПРОИЗВОДНЫХ ДРОБНОГО ПОРЯДКА**Ковалев М.Д.***Московский городской педагогический университет, Москва, e-mail: kovalev7079@gmail.com*

Во многих случаях течения жидкостей (и газов) их плотность можно считать неизменяющейся, то есть постоянной вдоль всего объема жидкости в течение всего времени движения. Другими словами, в этих случаях при движении не происходит заметных сжатий или расширений жидкости. О таком движении говорят как о движении несжимаемой жидкости. Для решения практических задач, связанных с моделированием осаждения частиц в несжимаемой жидкости и с моделированием движения пузырьков, требуется выявление зависимости гидродинамической силы от параметров движения (скорости, ускорения и др.). Сами частицы, как правило, по форме близки к сферическим, поэтому для решения задач требуется определить зависимость гидродинамической силы, действующей на сферу, движущуюся в жидкости, от параметров ее движения. Данные вопросы особенно актуальны в настоящее время в связи с созданием новых дисперсных материалов на основе вязкой жидкости. Примерами таких материалов являются коллоидные кристаллы, составные эмульсии и наножидкости. В таких системах частицы обладают наперед заданными свойствами, что позволяет моделировать изменение данных сред при различных внешних воздействиях. Помимо этого, данная модель представляет интерес при расчете движения взвешенных примесей в жидких средах (например, в атмосфере и океанах). В данной работе будет представлен новый подход к исследованию этой модели, который позволяет устранить недостатки полученных ранее для нее решений.

Ключевые слова: несжимаемая вязкая жидкость, нестационарное движение, гидродинамическая сила, сила Бассе, дробные производные, метод возмущений

INVESTIGATION OF BODY MOTION IN AN INCOMPRESSIBLE FLUID USING FRACTIONAL ORDER DERIVATIVES**Kovalev M.D.***Moscow City Pedagogical University, Moscow, e-mail: kovalev7079@gmail.com*

In many cases the flow of liquids (and gases), their density can be considered unaltered, i.e. constant along the entire fluid volume during the entire time of movement. In other words, in these cases there is not perceptible compression or expansion of the fluid during movement. Such movement is said to be the movement of an incompressible liquid. For solving practical problems related to modeling the deposition of particles in an incompressible liquid and with modeling the movement of bubbles it is necessary to identify the dependence of hydrodynamic force on the motion parameters (speed, acceleration, etc.). The particles are usually close to spherical shape, so to solve the problems it is necessary to determine the dependence of hydrodynamic force acting on the sphere that moves in a liquid from the parameters of its motion. These issues are particularly relevant nowadays in connection with the creation of new dispersed materials based on viscous liquids. Examples of such materials are colloidal crystals, composite emulsions and nanofluids. In these systems, the particles have predefined properties, which allows to model changes in these environments at different external influences. In addition, this model is also interesting in the calculation of suspended solids movement in fluid media (e.g., atmosphere and oceans). This article will introduce a new approach to the study of this model, which allows to eliminate the shortcomings of the solutions previously obtained for it.

Keywords: incompressible viscous liquid, nonstationary motion, hydrodynamic force, Basset force, fractional derivatives, perturbation method

Известно, что на твердую сферическую частицу, движущуюся с переменной скоростью t в вязкой жидкости, действует сила, зависящая от предыстории движения. Британскому математику Альфреду Бассе удалось построить интегрально-дифференциальное уравнение, которому удовлетворяет скорость $V(t)$ осаждения частицы.

При построении решения данного уравнения приходится рассматривать различные случаи, возникающие из-за различных значений плотностей жидкостей и порядков дробных производных, входящих в уравнение. Более того, решение для каждого отдельного случая представляет существенную сложность и не является

удобным в применении. Это заметно по решениям, представленным в [1] и [2].

Ввиду этого возникает необходимость поиска другого подхода к поиску решения задачи. Целью данной работы является построение асимптотического ряда решения уравнения, справедливого для любых значений плотностей жидкостей и порядков дробной производной $0 < \alpha < 1$, а также сравнение полученного результата с известным точным решением.

Перед формулировкой задачи отметим, что для частных производных порядка $0 < \alpha < 1$ при нулевом начальном условии дробные производные по Капуто и Риману – Лиувиллю являются эквивалент-

ными, то есть при $y(a) = 0$ и $0 < \alpha < 1$ выполняется равенство $({}^c D_{a+}^\alpha y)(x) = (D_{a+}^\alpha y)(x)$ [2, с. 92–93].

В рамках рассматриваемой задачи справедливы обозначенные выше условия. Поэтому при ее решении, не оговаривая дополнительно, будем подразумевать справедливость перехода от дробной производной Капуто к дробной производной по Риману – Лиувиллю.

Постановка задачи и составление модели

Рассмотрим нестационарное движение сферы, погруженной в несжимаемую вязкую жидкость, под действием гравитации. Ограничиваясь линеаризованной теорией, предполагают, что гидродинамическая наследственная сила обобщается в классическую силу Бассе по параметру $0 < \alpha < 1$. При этом, вводя в рассмотрение дробные производные, можно выразить силу Бассе

через производную порядка $1/2$ от скорости частицы.

Уравнение движения сферической частицы под действием силы тяжести в вязкой жидкости выражается через скалярную скорость $V(t)$, действующую в вертикальном направлении (предполагается, что она будет положительной, если направлена вниз) по формуле [1, с. 836]

$$m \frac{dV}{dt} = F_H + mg, \quad (1)$$

где $m = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_p$ – масса частицы плотности ρ_p и радиуса R , g – ускорение свободного падения, F_H – результирующая гидродинамических сил.

Если начальным состоянием частицы является состояние покоя в неподвижной жидкости с плотностью ρ_f и кинематической вязкостью ν , то справедлива следующая формула [1, с. 836]

$$F_H = -\frac{2}{3}\pi R^3 \rho_f \frac{dV}{dt} - \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_f g + F_S + F_B,$$

где

$$F_S = -6\pi R^3 \rho_f T_n^{-1} V(t), F_B = -6\pi R^3 \rho_f T_n^{(\alpha-1)} \frac{d^\alpha}{dt^\alpha} V(t), T_n = \frac{R^2}{\nu}.$$

Записи F_S и F_B означают силы Стокса и Бассе соответственно, а выражение

$$\frac{d^\alpha}{dt^\alpha} V(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^t \frac{dV/d\tau}{(t-\tau)^\alpha} d\tau$$

означает дробную производную $D_{0+}^\alpha V$ по Риману – Лиувиллю порядка $0 < \alpha < 1$ [2, с. 71].

После подстановки составляющих результирующей гидродинамических сил и преобразований, учитывая начальное состояние покоя, уравнение (1) приводится к виду [1, с. 837; 2, с. 435]:

$$\frac{dV^*}{dt^*} + V^* + \delta^\alpha \frac{d^\alpha V^*}{dt^{*\alpha}} = 1, V^*(0^+) = 0, \quad (2)$$

где V^* и t^* – безразмерные параметры скорости и времени, которые связаны с размерными переменными соотношениями

$$V_S = \frac{2T_n g}{9}(\rho - 1), V^* = \frac{V}{V_S}, t^* = \frac{t}{\sigma}, \sigma = \frac{T_n}{\delta}, \rho = \frac{\rho_p}{\rho_f}, \delta = \frac{9}{2\rho + 1}. \quad (3)$$

Решение модели

Для решения классического случая, рассмотренного Бассе, достаточно положить в (2) $\alpha = 1/2$ и решить задачу Коши с учетом начального условия. Однако, следуя обозначенной цели, решим задачу в общем случае методом возмущений для малого положительного

параметра $\delta^\alpha = \varepsilon \in \mathbb{R}$. Символ «*» в уравнении (2) для удобства будем опускать. Таким образом, имеем следующую систему:

$$\begin{cases} V'(t) + \varepsilon (D_{0+}^\alpha V)(t) + V(t) = 1; (\varepsilon > 0, t > 0) \\ V(0) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Решение первого уравнения в (4) будем искать в виде ряда по степеням ε , то есть

$$V(t, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^k \cdot V_k(t) = V_0(t) + \varepsilon V_1(t) + \varepsilon^2 V_2(t) + \dots.$$

Подставляя это разложение в (4), получим

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} V_0(t) + \varepsilon \frac{d}{dt} V_1(t) + \varepsilon^2 \frac{d}{dt} V_2(t) + \dots + \varepsilon \left[(D_{0+}^\alpha V_0)(t) + \varepsilon (D_{0+}^\alpha V_1)(t) + \varepsilon^2 (D_{0+}^\alpha V_2)(t) + \dots \right] + \\ + V_0(t) + \varepsilon V_1(t) + \varepsilon^2 V_2(t) + \dots = 1. \end{aligned} \quad (5)$$

При $\varepsilon = 0$ решением уравнения является функция $V_0(t) = 1 - e^{-t}$. Подставляя найденную функцию в (5) и приравнявая коэффициенты при первой степени ε , получим

$$\frac{d}{dt} V_1(t) + \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{d}{dt} \int_0^t \frac{1 - e^{-r}}{(t-r)^\alpha} dr + V_1(t) = 0. \quad (6)$$

Для решения последнего уравнения предварительно преобразуем интеграл в дробной производной. Для этого введем вспомогательную функцию $f(t)$, где

$$f(t) = \int_0^t \frac{1 - e^{-r}}{(t-r)^\alpha} dr = \frac{t^{1-\alpha}}{1-\alpha} - e^{-t} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{t^{k+1-\alpha}}{k!(k+1-\alpha)}.$$

Обозначая дробную производную в (6) через $b(t)$, получим уравнение вида $\frac{d}{dt} V_1(t) + V_1(t) = -b(t)$. Решая его методом вариации произвольной постоянной, получим

$$V_1(t) = -e^{-t} \int_0^t b(\tau) e^\tau d\tau.$$

Производя обратную замену $b(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{df(t)}{dt}$, имеем

$$V_1(t) = -e^{-t} \int_0^t \frac{e^\tau}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{df(\tau)}{d\tau} d\tau = -\frac{e^{-t}}{\Gamma(1-\alpha)} \left[e^t f(t) - f(0) - \int_0^t f(\tau) e^\tau d\tau \right].$$

Вычисляя недостающие слагаемые в правой части полученного равенства, получаем, что $f(0) = 0$ и

$$\int_0^t f(\tau) e^\tau d\tau = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{kt^{k+2-\alpha}}{k!(1-\alpha)(k+1-\alpha)(k+2-\alpha)}.$$

Тогда

$$V_1(t) = \frac{e^{-t}}{\Gamma(1-\alpha)} \left[-\frac{t^{1-\alpha}}{1-\alpha} e^t + \sum_{k=0}^{\infty} \frac{t^{k+1-\alpha}}{k!(k+1-\alpha)} + \sum_{k=0}^{\infty} \frac{kt^{k+2-\alpha}}{k!(1-\alpha)(k+1-\alpha)(k+2-\alpha)} \right].$$

После преобразований получим

$$V_1(t) = -\frac{e^{-t}}{\Gamma(1-\alpha)} \left[\sum_{k=0}^{\infty} \frac{t^{k+2-\alpha}}{k!(k+1-\alpha)(k+2-\alpha)} \right]. \quad (7)$$

Аналогичным образом вычислим $V_2(t)$. Приравнявая коэффициенты при второй степени ε , получим уравнение

$$\frac{d}{dt} V_2(t) + \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{d}{dt} \int_0^t \frac{1-e^{-r}}{(t-r)^\alpha} dr + V_2(t) = 0,$$

решение которого, очевидно, представимо в виде

$$V_2(t) = -\frac{e^{-t}}{\Gamma(1-\alpha)} \left[e^t f_2(t) - f_2(0) - \int_0^t f_2(\tau) e^\tau d\tau \right]. \quad (8)$$

Находя слагаемые в правой части (8), получим следующие равенства

$$f_2(t) = -\frac{e^{-t} \cdot t^{3-2\alpha}}{\Gamma(1-\alpha)} \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{B(m-\alpha+1, k+3-\alpha)}{k!(k+1-\alpha)(k+2-\alpha)} \cdot \frac{t^{k+m}}{m!},$$

$$\int_0^t f_2(\tau) e^\tau d\tau = -\frac{t^{4-2\alpha}}{\Gamma(1-\alpha)} \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{B(m-\alpha+1, k-\alpha+3)}{k!(k+1-\alpha)(k+2-\alpha)} \cdot \frac{t^{k+m}}{m!(k+m-2\alpha+4)},$$

где $B(x, y)$ – бета-функция Эйлера.

Подставляя данные выражения в (8), учитывая $f_2(0) = 0$ и выполняя элементарные преобразования, получим равенство

$$V_2(t) = \frac{e^{-t} t^3}{\Gamma^2(1-\alpha)} \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{t^{k+m-2\alpha}}{k! m! (k+1-\alpha)(k+2-\alpha)} \cdot B(m-\alpha+1, k-\alpha+3) \left(1 - \frac{t}{k+m-2\alpha+4} \right). \quad (9)$$

Таким образом, получаем

$$V(t, \varepsilon) = 1 - e^{-t} + \varepsilon V_1(t) + \varepsilon^2 V_2(t) + O(\varepsilon^3), \quad (10)$$

где $V_1(t)$ и $V_2(t)$ определены равенствами (7) и (9) соответственно.

Тогда асимптотический ряд для случая $\alpha = 1/2$ будет иметь вид

$$V(t, \varepsilon) = 1 - e^{-t} - \varepsilon \frac{e^{-t}}{\sqrt{\pi}} \left[\sum_{k=0}^{\infty} \frac{t^{k+\frac{3}{2}}}{k! \left(k + \frac{1}{2}\right) \left(k + \frac{3}{2}\right)} \right] - \varepsilon^2 \frac{e^{-t} t^3}{\pi} \left[\sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{t^{k+m-1}}{k! m! (k+1/2)(k+3/2)} \cdot B(m+1/2, k+5/2) \left(1 - \frac{t}{k+m+3} \right) \right] + O(\varepsilon^3). \quad (11)$$

Для практических расчетов в равенствах (10) и (11) надо положить $V = V^*$ и $t = t^*$, которые определяются формулами (3).

Сравнение с точным решением

Сравним полученный нами результат с точным решением дифференциального уравнения в (4) при $\alpha = 1/2$, которое представлено в [2, с. 298]:

$$V(t) = \int_0^t \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-(t-r))^k}{k!} {}_1\Psi_1 \left[\begin{matrix} (k+1, 1) \\ (k+1, 1/2) \end{matrix} \middle| (-\varepsilon(t-r)^{\frac{1}{2}}) \right] f(r) dr,$$

где ${}_p\Psi_q(t)$ – обобщенная функция Райта, определенная, например, в [2, с. 56]. В нашем случае она имеет вид

$${}_1\Psi_1 \left[\begin{matrix} (k+1, 1) \\ (k+1, 1/2) \end{matrix} \middle| (-\varepsilon(t-r)^{\frac{1}{2}}) \right] = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\Gamma(k+1+1 \cdot m)}{\Gamma(k+1+1/2 \cdot m)} \frac{(-\varepsilon(t-r)^{\frac{1}{2}})^m}{m!}.$$

Тогда, учитывая $f(r) = 1$, получим

$$V(t) = \int_0^t \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^{k+m} \Gamma(k+m+1) \cdot \varepsilon^m \cdot (t-r)^{k+\frac{m}{2}}}{\Gamma\left(k+\frac{m}{2}+1\right) \cdot k! \cdot m!} dr$$

или

$$V(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^{k+m} \Gamma(k+m+1) \cdot \varepsilon^m \cdot t^{k+\frac{m}{2}+1}}{\Gamma\left(k+\frac{m}{2}+1\right) \cdot \left(k+\frac{m}{2}+1\right) \cdot k! \cdot m!}. \quad (12)$$

Сравнение точного решения с асимптотическим рядом при $\alpha = 1/2$

t	Точное решение (12)	$1 - e^t$	$1 - e^t + \varepsilon V_1(t)$	$1 - e^t + \varepsilon V_1(t) + \varepsilon^2 V_2(t)$
1	0,495417	0,632120	0,458847	0,504832
2	0,677900	0,864664	0,625311	0,692978
3	0,764828	0,950212	0,719846	0,775856
4	0,812661	0,981684	0,780815	0,817446
5	0,842017	0,993262	0,821212	0,842268
6	0,861646	0,997521	0,848403	0,859556

Полагая $\varepsilon = 0,5$, получим следующие результаты (для вычисления значения $V(t)$ воспользуемся базой Wolfram Alpha) (таблица).

Из таблицы видно, что увеличение числа приближений, как и ожидалось, дает более точные значения. Второе приближение даже при $\varepsilon = 0,5$ дает вполне удовлетворительные результаты. При уменьшении значения ε точность полученного решения возрастает.

При изменении порядка дробной производной в асимптотическом ряде (10) ($\varepsilon = 0,5$) наблюдается следующая зависимость (рисунок).

Из графика видно, что порядок дробной производной оказывает существенное влияние

на скорость частицы, то есть эффекты вязкости подобны аномальным диффузионным явлениям, которые описываются дробными производными.

Заключение

Построенное нами асимптотическое решение справедливо для любых значений плотностей жидкостей и порядков дробной производной $0 < \alpha < 1$. Удовлетворительное совпадение результатов точного и приближенного решений позволяет использовать полученную формулу для практических расчетов. На основании этого можно утверждать, что цель работы была достигнута.

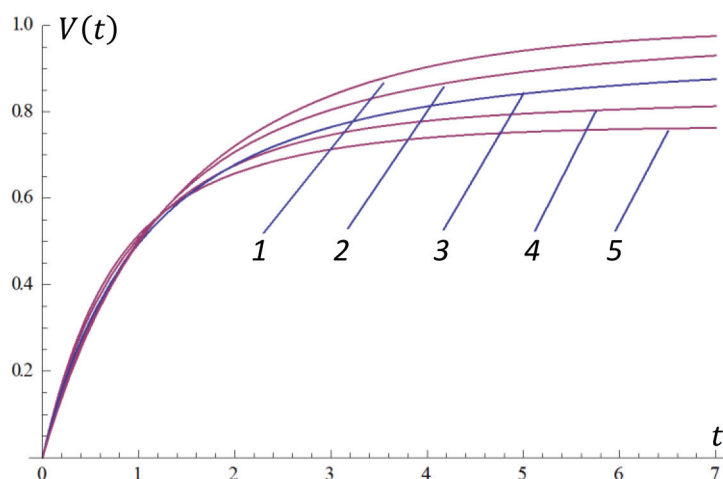


График зависимости $V(t)$ от безразмерного параметра t при различных значениях порядка дробной производной: 1. $\alpha = 0,1$, 2. $\alpha = 0,3$, 3. $\alpha = 0,5$, 4. $\alpha = 0,7$, 5. $\alpha = 0,9$

С практической важностью рассмотренной темы, анализом литературных данных и экспериментальными результатами можно ознакомиться в работах [3–6], а в работе [7] для численного моделирования нестационарных течений проводится верификация метода вязких вихревых доменов.

Автор выражает благодарность научному руководителю департамента математики и физики МГПУ В.А. Чугуну за ценные советы при написании текущей работы.

Список литературы

1. Mainardi F., Pironi P., Tampieri F. On a generalization of the Basset problem via fractional calculus. CANCEM 95. 1995. Vol. II. P. 836–837.

2. Kilbas A.A., Srivastava H.M., Trujillo J.J. Theory and Applications of Fractional Differential Equations. Amsterdam, 2006. Ser. 204 North-Holland Mathematics studies. 523 p.

3. Водопьянов И.С., Петров А.Г., Шундерюк М.М. О нестационарном осаждении сферической твердой частицы в вязкой жидкости // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2010. № 2. С. 97–106.

4. Архипов В.А., Васенин И.М., Усанина А.С. Экспериментальное исследование нестационарных режимов всплывания одиночного пузырька // Инженерно-физический журнал. 2013. Т. 86. № 5. С. 1097–1106.

5. Архипов В.А. Физико-химические основы процессов тепломассообмена: учебное пособие. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. 195 с.

6. Мартынов С.И., Ткач Л.Ю. Моделирование динамики агрегатов частиц в вязкой жидкости // Вестник Югорского государственного университета. 2013. Вып. 2 (29). С. 46–50.

7. Гувернюк С.В., Дынникова Г.Я., Андронов П.Р. Отчет № 5053 о научно-исследовательской работе по теме НИР: Нестационарные взаимодействия сплошных и проницаемых тел с вихревыми течениями жидкости и газа // Государственное учебно-научное учреждение НИИ механики МГУ им М.В. Ломоносова. 2010. 73 с.

УДК 533.6.01

РАСЧЕТ СИЛ ДЕЙСТВИЯ ПОТОКА ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА НА ОСНОВАНИИ МКТ И ТЕОРЕМЫ О СЛОЖЕНИИ СКОРОСТЕЙ

Кудряшова Н.А.

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, e-mail: nakatan@list.ru

В статье представлены результаты расчета сил, действующих на поверхность твердого тела, обтекаемого потоком идеального газа. Газ считается невязким и несжимаемым, поток – плоский, безвихревой, стационарный. Скорость каждой молекулы газа рассматривается как геометрическая сумма ее тепловой скорости в некоторый момент времени и скорости направленного движения потока. Столкновения молекул с поверхностью тела происходят абсолютно упруго. Исходными данными для расчета являются: плотность, температура и давление газа в объеме, неподвижном относительно тела, а также величина и направление скорости потока. Рассчитаны коэффициенты лобового сопротивления для кругового цилиндра, движущегося в среде идеального газа со скоростью, перпендикулярной образующей. Сопротивление не является нулевым даже в случае безотрывного симметричного обтекания. Рассчитаны коэффициенты подъемной силы для вращающегося цилиндра и полуцилиндра при обтекании этих тел плоскопараллельным стационарным потоком. Так как модель взаимодействия молекул газа с поверхностью тела является упрощенной, результаты расчета дают лишь качественное совпадение с экспериментальными данными. Предлагаемый метод не требует значительных затрат машинного времени, может быть использован для быстрого выбора оптимальной формы тела, обтекаемого газовым потоком или движущегося в газовой среде.

Ключевые слова: поток идеального газа, динамическое давление, лобовое сопротивление, подъемная сила, сила Магнуса

THE CALCULATION OF IDEAL GAS' FLOW ACTING FORCES BASED ON KMT AND VELOCITY-ADDITION LAW

Kudryashova N.A.

Ural Federal University, Ekaterinburg, e-mail: nakatan@list.ru

This article contains forces calculation results acting on the surface of the rigid body flowed around by ideal gas. The gas is considered to be inviscid and incompressible, the flow is flat, irrotational, and stationary. Speed of each molecule is taken to be equal to the geometrical sum of its thermal velocity at some point in time and velocity of the flow. Collisions of molecules with a surface assumed to be absolutely elastic. The initial data for the calculation are: density, temperature, and pressure of a gas in a volume motionless relative to the body, as well as the magnitude and direction of the flow velocity. The drag coefficients for a circular cylinder moving within an ideal gas with a velocity perpendicular to the generatrix are calculated. The drag is not equal to zero even in the case of a continuous symmetric flow. Also coefficients of the lifting force for a rotating cylinder and a semi-cylinder are calculated for a plane-parallel stationary flow around such bodies. The model of interaction of gas molecules with the surface of a body is simplified, therefore calculation results provide only qualitative agreement with the experimental data. The proposed method does not require significant expenditures of computer time; it can be used for quick selection of the optimal shape of a body located in a gas flow or moving through the gas.

Keywords: ideal gas flow, dynamic pressure, drag, lifting force, Magnus force

Прогресс в области наземного и воздушного транспорта сопровождается ростом уровня требований к аэродинамическим характеристикам транспортных средств. Одной из основных задач аэродинамики является расчет сил взаимодействия газового потока с поверхностью обтекаемого твердого тела. Современный уровень развития вычислительной техники позволяет моделировать этот процесс для различных, зачастую очень сложных, аэродинамических систем [1; 2]. Однако нельзя утверждать, что теоретические аспекты действия потока газа на тело полностью исследованы.

В неподвижном относительно некоторой поверхности объеме газа каждая его молекула участвует в тепловом хаотическом движении. Основное уравнение МКТ позво-

ляет рассчитать статическое давление газа, близкого по своим свойствам к идеальному: $p_0 = \rho v_0^2 / 3$, где ρ – плотность газа, v_0 – средняя квадратичная скорость молекул. В движущемся объеме газа молекулы перемещаются хаотически и в то же время участвуют в направленном движении потока. В работах [3; 4] скорость каждой молекулы в некоторый момент времени рассматривается как геометрическая сумма вектора тепловой скорости $\vec{v}_i$ и вектора скорости газового потока $\vec{v}$: $\vec{v}_\Sigma = \vec{v}_i + \vec{v}$ (рис. 1). Давление потока p на элемент поверхности ΔS сопоставляется со статическим давлением p_0 . Плотность газа в неподвижном относительно поверхности объеме равна плотности газа в потоке, также одинаковы температуры. Газовый поток является плоским, безвихревым, стационарным.

На основании относительной скорости потока ($\psi = v/v_0$) и направления скорости потока (угол α , рис. 1) рассчитывается относительное динамическое давление η [3; 4]:

$$\eta = p/p_0;$$

$$\eta = \frac{3}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \chi^2 \cos^2 \theta \sin \theta d\theta d\varphi;$$

$$\chi = v_\Sigma/v_0 = \sqrt{1 - \psi^2 \sin^2 \beta} + \psi \cos \beta;$$

$$\cos \beta = \sin \alpha \sin \theta \cos \varphi + \cos \alpha \cos \theta. \quad (1)$$

Углы θ и φ характеризуют направление суммарной скорости молекулы в системе координат, связанной с элементом поверхности. Угол β – угол между суммарной скоростью молекулы и скоростью потока.

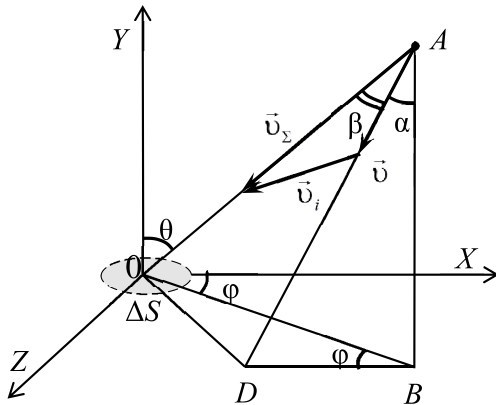


Рис. 1. Характеристики движения молекулы в газовом потоке

Если направленного движения газа нет, то отношение скорости потока к среднеквадратичной скорости молекул $\psi = 0$. Относительное динамическое давление в этом случае равно единице. Если скорость потока направлена к поверхности и $\alpha = 0$ (рис. 1), то относительное динамическое давление потока η имеет максимальное (для данного ψ) значение. В случае движения газового потока от поверхности ($\alpha = 180^\circ$) значение η минимально. Если поток газа движется параллельно поверхности ($\alpha = 90^\circ$), то увеличение его скорости приводит к уменьшению давления. Полученные результаты [3; 4] согласуются в качественном отношении с широко известными экспериментальными данными.

Расчет давления газа на поверхность движущегося цилиндра

Внимание многих исследователей привлекает процесс поперечного обтекания бесконечного кругового цилиндра. Струк-

тура поля течения возле цилиндра и его аэродинамические характеристики при различных свойствах набегающего потока подробно изучены экспериментально и теоретически [5–7]. В данной работе на основании выражения для относительного давления потока (1) рассчитано распределение давления по поверхности цилиндра при его движении в среде идеального газа. Круговой цилиндр находится в неподвижной системе отсчета XYZ , ось цилиндра расположена параллельно оси OZ (рис. 2). Ось OZ перпендикулярна плоскости чертежа. Длина образующей цилиндра намного больше его диаметра. Цилиндр движется с небольшой скоростью v_c в отрицательном направлении оси OX . Линиями, параллельными оси цилиндра, его криволинейная поверхность разделена на N одинаковых по величине элементов. Если N – достаточно большое число, то каждый из элементов можно считать плоским. Положение элемента поверхности цилиндра задается углом γ , отсчитываемым по часовой стрелке от области отрицательных значений на оси OX .

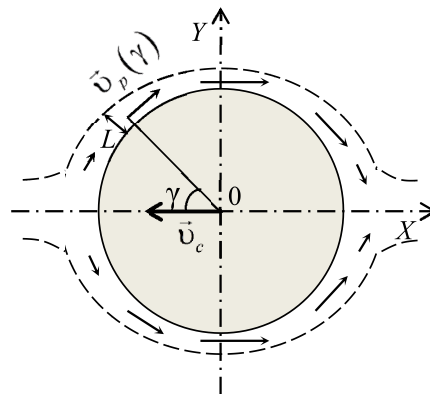


Рис. 2. Схема скоростей направленного движения молекул газа в прилегающем слое

При движении цилиндра слои газа, прилегающие к его поверхности, деформируются, так как цилиндр непроницаем для молекул. Толщина слоя, прилегающего к поверхности цилиндра, меняется от некоторого начального значения до минимальной величины вблизи миделева сечения. На большом удалении от цилиндра газ в системе отсчета XYZ неподвижен, его молекулы участвуют только в тепловом хаотическом движении. Вблизи поверхности цилиндра, вследствие уменьшения толщины прилегающего слоя, молекулы приобретают в системе отсчета XYZ некоторую скорость направленного движения $v_p(\gamma)$. Эта скорость направлена по касательной

к поверхности цилиндра и меняется от нуля (для $\gamma = 0$) до некоторого максимального значения в миделевом сечении. В простейшем приближении можно принять, что модуль скорости этого направленного движения газа в прилегающем слое зависит от угла γ следующим образом:

$$v_p(\gamma) = av_c |\sin \gamma|^n, \quad (2)$$

где a – коэффициент, характеризующий степень сжатия слоя. Чем сильнее прилегающий слой сжат, тем больше коэффициент a . В классическом случае бесциркуляционного обтекания кругового цилиндра идеальной средой $a = 2$, а $n = 1$ [8].

В системе отсчета, связанной с цилиндром, каждый элемент объема поверхностного слоя газа участвует в двух направленных движениях: со скоростью $\vec{v}_p(\gamma)$ и со скоростью $-\vec{v}_c$, равной скорости поступательного движения цилиндра, но противоположно направленной.

Для значений угла γ от 0 до 360° (рис. 2) с шагом в один градус были рассчитаны:

– скорость направленного движения потока газа в слое, прилегающем к элементу поверхности цилиндра (2), возникающая вследствие сжатия прилегающего слоя;

– тангенциальная составляющая скорости направленного движения элемента объема потока относительно прилегающего элемента поверхности цилиндра (с учетом сжатия прилегающего слоя и поступательного движения цилиндра):

$$v_t(\gamma) = v_p(\gamma) + v_c |\sin \gamma|;$$

– нормальная составляющая скорости направленного движения элемента объема потока относительно прилегающего элемента поверхности цилиндра: $v_n(\gamma) = v_c \cos \gamma$;

– скорость направленного движения элемента объема газа относительно прилегающего элемента поверхности: $v(\gamma) = (v_t^2 + v_n^2)^{0,5}$;

– отношение скорости направленного движения в потоке возле элемента поверхности к среднеквадратичной скорости теплового движения молекул: $\psi(\gamma) = v(\gamma)/v_0$;

– величина угла $\alpha(\gamma)$ между вектором скорости направленного движения $\vec{v}(\gamma)$ возле элемента поверхности и нормалью к этому элементу (рис. 1);

– относительное динамическое давление $\eta(\gamma)$ (1), равное отношению давления потока (динамического давления) к статическому давлению.

Полученное в результате расчетов распределение относительного динамического давления по поверхности цилиндра для раз-

личных его скоростей (в случае $a = 2, n = 1$) представлено на рис. 3.

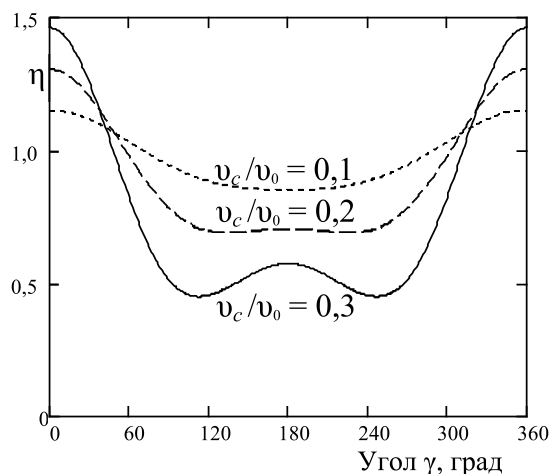


Рис. 3. Распределение относительного давления потока (1) по поверхности кругового цилиндра при различных скоростях движения цилиндра

Увеличение скорости цилиндра приводит к возрастанию разности давлений газа на его лобовую и кормовую части (рис. 3). Кроме того, при увеличении скорости возникают области минимума давления. При единичном показателе степени n (2) минимум давления на поверхность цилиндра соответствует углам γ , равным 110–120° и 240–250° (рис. 3). Такое распределение давления по поверхности цилиндра коррелирует в качественном отношении с результатами экспериментов [8; 9]. Области минимального давления на поверхность цилиндра, найденные экспериментально, располагаются вблизи миделева сечения (угол γ находится в пределах 70–90° и 270–290°). При увеличении n в формуле (2) точки минимума давления перемещаются ближе к миделевому сечению. Так, при $n = 4$ минимум давления на поверхность цилиндра соответствует углам γ , равным 95–105° и 255–265°.

Коэффициент лобового сопротивления кругового цилиндра, движущегося горизонтально со скоростью, перпендикулярной образующей (при условии разбиения его поверхности на N одинаковых частей):

$$c_x = \frac{F_x}{S \rho v_c^2 / 2} = \frac{2}{3\zeta^2} \cdot \frac{\pi}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \eta_i \cos \gamma_i, \quad (3)$$

где F_x – горизонтальная составляющая силы давления, действующей на поверхность цилиндра; S – площадь миделева сечения цилиндра, ρ – плотность газа, ζ – отношение

скорости цилиндра к среднеквадратичной скорости молекул газа, η_i – относительное давление потока (1) для элемента поверхности, соответствующего углу γ_i (рис. 2).

В таблице 1 приведены рассчитанные значения коэффициентов лобового сопротивления цилиндра для случая: $N = 360$, $a = 2$ и $n = 2$ (2). При других значениях a и n (в пределах: $1,5 \leq a \leq 3$ и $1 \leq n \leq 4$) коэффициенты лобового сопротивления незначительно (от $-0,2$ до $+0,2$) отличаются от приведенных в таблице соответствующих значений.

Таблица 1

Рассчитанные (3) коэффициенты лобового сопротивления кругового цилиндра

$\zeta = v_c/v_0$	c_x
0.05	31.4
0.10	15.6
0.15	10.4
0.20	7.7
0.25	6.1
0.30	5.0

Коэффициенты лобового сопротивления цилиндра (табл. 1) соответствуют коэффициентам, определенным экспериментально, но при очень малых числах Рейнольдса. По данным [6; 10], если число Рейнольдса увеличивается от 0,1 до 10, то экспериментально определенный коэффициент лобового сопротивления цилиндра меняется от 60 до 3.

*Расчет сил действия
идеального газа на поверхность
движущегося полуцилиндра*

На основании относительного динамического давления (1) по вышеописанной методике рассчитаны сила лобового сопротивления и подъемная сила, действующие на половину цилиндра (рис. 2), расположенную выше плоскости XOZ . Полуцилиндр движется горизонтально со скоростью v_c . В этом случае обтекания тела идеальным газом слой потока, прилегающий к его нижней плоской поверхности, не имеет ограничений для своего движения и не деформируется. Скорость движения этого слоя (в системе отсчета, связанной с полуцилиндром) равна скорости полуцилиндра, но противоположно направлена.

Сила лобового сопротивления для полуцилиндра при указанной схеме обтекания равна половине силы лобового сопротивления для цилиндра при одинаковых условиях расчета. Коэффициент лобового сопротивления равен соответствующему коэффи-

циенту для цилиндра (табл. 1), так как для полуцилиндра площадь миделева сечения в два раза меньше.

Коэффициент подъемной силы для рассматриваемого полуцилиндра (при условии разбиения его круговой поверхности на N одинаковых частей):

$$c_y = \frac{F_y}{S \rho v_c^2 / 2};$$

$$c_y = \frac{1}{3\zeta^2} \left(2\eta_x - \frac{\pi}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \eta_i \sin \gamma_i \right), \quad (4)$$

где F_y – вертикальная составляющая силы давления газа, действующей на полуцилиндр; S – площадь нижней горизонтальной поверхности полуцилиндра, η_x – относительное динамическое давление для этой поверхности.

При увеличении коэффициента a в соотношении (2) возрастает степень сжатия слоя газа, прилегающего к цилиндрической поверхности. В этом случае рассчитанный коэффициент подъемной силы (табл. 2) также возрастает. При увеличении скорости полуцилиндра коэффициент подъемной силы в рассматриваемой модели меняется незначительно.

Таблица 2

Рассчитанные (4) коэффициенты подъемной силы полуцилиндра ($N = 180$)

Коэффициенты в (2)		Отношение $\zeta = v_c/v_0$		
n	a	0,05	0,1	0,2
1.0	1.0	0.629	0.624	0.623
	2.0	1.962	1.957	1.956
2.0	1.0	0.514	0.508	0.507
	2.0	1.625	1.620	1.618
3.0	1.0	0.439	0.433	0.432
	2.0	1.414	1.409	1.407

*Расчет сил действия потока
идеального газа на поверхность
вращающегося цилиндра*

В данной работе рассмотрен цилиндр, вращающийся относительно своей оси в плоскопараллельном потоке идеального газа. Скорость потока v (на бесконечном удалении от цилиндра) сонаправлена с осью OX (рис. 2). Цилиндр вращается против часовой стрелки. Так как идеальный газ не обладает вязкостью, считаем, что поверхность цилиндра в процессе его вращения не увлекает за собой молекулы газа из прилегаю-

щего слоя. Степень сжатия прилегающего слоя для соответствующих элементов поверхности поступательно движущегося цилиндра и цилиндра, вращающегося в потоке газа, одинакова (при равных скоростях v_c и v). Следовательно, одинаково и распределение скоростей $v_p(\gamma)$ (2) по поверхности рассматриваемых цилиндров.

В слое газа, расположенном выше цилиндра (рис. 2), при вращении цилиндра против часовой стрелки тангенциальная составляющая скорости направленного движения элемента объема газа относительно прилегающего элемента поверхности:

$$v_{\tau 1}(\gamma) = v_p(\gamma) + v \sin \gamma + \omega R,$$

где ω – угловая скорость вращения цилиндра, R – его радиус.

В слое газа, расположенном ниже цилиндра, тангенциальная составляющая скорости элемента объема газа:

$$v_{\tau 2}(\gamma) = v_p(\gamma) + v |\sin \gamma| - \omega R.$$

Вследствие различия этих скоростей давление потока газа на верхнюю сторону поверхности цилиндра меньше давления на нижнюю часть, вертикальная составляющая силы действия со стороны потока на цилиндр (сила Магнуса) направлена вверх. При изменении направления вращения на противоположное меняется и направление этой силы.

Коэффициент подъемной силы для цилиндра, вращающегося вокруг своей оси в потоке газа, рассчитан аналогично (4):

$$c_y = -\frac{2\pi}{3\zeta^2 N} \cdot \sum_{i=1}^N \eta_i \sin \gamma_i. \quad (5)$$

Полученная зависимость коэффициента подъемной силы от отношения $\omega R/v$ (при заданных коэффициентах a и n) близка к линейной (табл. 3).

Таблица 3

Рассчитанные (5) коэффициенты подъемной силы для цилиндра, вращающегося в потоке идеального газа ($N = 360$)

Коэффициенты в (2)		Отношение $\omega R/v$						
a	n	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
2.0	2.0	1.7	3.4	5.1	6.8	8.5	10.2	
2.0	1.0	1.9	3.8	5.7	7.5	9.4	11.3	
1.0	1.0	1.3	2.5	3.8	5.0	6.3	7.5	

В рассматриваемой модели коэффициент подъемной силы вращающегося цилиндра не зависит от скорости газового пото-

ка v . При всех рассмотренных отношениях этой скорости к тепловой скорости молекул (в пределах от 0,05 до 0,15) получены результаты, представленные в табл. 3.

Коэффициенты лобового сопротивления, рассчитанные для вращающегося цилиндра, при небольших угловых скоростях ($\omega R/v \leq 1.0$), равны коэффициентам лобового сопротивления поступательно движущегося цилиндра (табл. 1) при соответствующих условиях расчета. Увеличение скорости вращения цилиндра приводит к уменьшению рассчитанного коэффициента лобового сопротивления на 0,2–0,5.

Механизм возникновения силы лобового сопротивления и подъемной силы в потоке идеального газа

Давление газа на поверхность твердого тела является результатом большого числа столкновений молекул газа с поверхностью тела. Давление газа тем больше, чем больше изменение импульсов его молекул в процессе столкновений и чем выше частота столкновений. Частицы, приближающиеся к поверхности с большой скоростью, оказывают большее силовое воздействие на тело по сравнению с молекулами, скорости которых малы (при одинаковых массах молекул и углах между вектором скорости и нормалью к элементу поверхности). Кроме того, за одно и то же время к поверхности тела приблизится большее число «быстрых» молекул, нежели «медленных».

Скорость каждой молекулы в газовом потоке можно рассматривать как геометрическую сумму ее скорости в тепловом хаотическом движении (в некоторый момент времени) и вектора скорости направленного движения потока (рис. 1). Если молекула движется к элементу лобовой поверхности тела, эта суммарная скорость превышает усредненную тепловую скорость частиц. Вектор скорости потока направлен от кормовой поверхности, поэтому движение молекул к кормовой части тела происходит за счет тепловых составляющих их скоростей. К элементу кормовой поверхности молекула приближается со скоростью, меньшей скорости теплового движения (на величину, соответствующую скорости потока). За некоторое время к лобовой части тела приближается большое число молекул, имеющих большие скорости. За это же время к кормовой части приближается меньшее число частиц с малыми скоростями. «Быстрые» молекулы оказывают большее силовое воздействие на лобовую поверхность тела в процессе столкновений, нежели «медленные» частицы на кормовую поверхность. Это различие в числе и силе столкновений молекул газа

с элементами лобовой и кормовой поверхностей тела является причиной существования силы лобового сопротивления.

Рассмотрим неподвижный объем газа, прилегающий к некоторой плоскости. К малому элементу этой плоскости за время Δt приближаются молекулы, находящиеся в пределах полусферы радиуса $r = v_0 \Delta t$, где v_0 – среднеквадратичная скорость теплового движения. Если поток газа перемещается параллельно плоскости со скоростью v , то к элементу поверхности за время Δt приближаются молекулы, также находящиеся в пределах полусферы, но смещенной на расстояние $L = v \Delta t$ по оси OX в сторону, противоположную направлению движения потока (рис. 4).

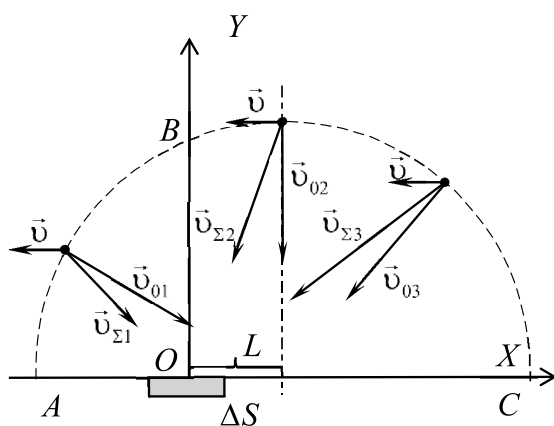


Рис. 4. Скорости молекул газа в потоке, движущемся параллельно элементу поверхности

Молекулы из меньшей части ABO полусферы перемещаются к элементу поверхности ΔS со скоростями, меньшими тепловой скорости v_0 . Действие этих молекул на элемент поверхности значительно меньше дей-

ствия молекул, движущихся в направлении элемента ΔS из соответствующего неподвижного прилегающего газового объема. Молекулы из большей части BCO полусферы двигаются к элементу плоскости со скоростями, большими, чем v_0 , и их давление на элемент превышает давление соответствующих молекул из неподвижного прилегающего объема газа. Но суммарное давление молекул из движущихся объемов ABO и BCO меньше давления молекул из неподвижной прилегающей полусферы (табл. 4). Это уменьшение давления движущегося параллельно плоскости потока по сравнению с давлением молекул из неподвижного относительно плоскости объема газа тем выше, чем больше скорость направленного движения потока.

Если тело несимметрично относительно горизонтальной плоскости и находится в горизонтальном потоке газа, то слои газа, прилегающие к более выпуклой части, сжаты сильнее. Соответственно, скорости направленного движения молекул газа в слое, прилегающем к более выпуклой стороне, превышают скорости направленного движения в слое, прилегающем к менее выпуклой стороне тела. Большим скоростям соответствуют меньшие давления (табл. 4). Возникающая разность давлений создает подъемную силу в случае выпуклой верхней части тела и прижимную силу в случае выпуклой нижней части тела.

Если в горизонтальном потоке вращается осесимметричное тело, то степень сжатия слоев, прилегающих к верхней стороне и к нижней стороне тела, одинакова, но возникает разность скоростей направленного движения молекул относительно поверхности вращающегося тела, что также приводит к возникновению силы, перпендикулярной скорости потока (силы Магнуса).

Таблица 4

Рассчитанное (1) относительное динамическое давление η потока идеального газа, движущегося параллельно элементу поверхности ($\alpha = \pi/2$)

Отношение скорости потока к тепловой скорости молекул, ψ	Относительное давление η_1 (молекул из объема ABO , рис. 4)	Относительное давление η_2 (молекул из объема BCO , рис. 4)	Относительное давление молекул из объема ABC , $\eta = \eta_1 + \eta_2$
0.0	0.500	0.500	1.000
0.1	0.460	0.534	0.994
0.2	0.414	0.562	0.976
0.3	0.364	0.582	0.946
0.4	0.310	0.594	0.904
0.5	0.254	0.596	0.850

Выводы

Метод расчета сил действия газового потока на твердое тело [3; 4], в основе которого лежит теорема о сложении скоростей (скорости теплового хаотического движения отдельной молекулы и скорости направленного движения потока), может быть применен для расчета как силы сопротивления, так и подъемной силы, в том числе силы Магнуса. При соответствующем математическом оформлении метод применим не только для плоских течений, но и для трехмерных потоков. Принцип относительности движения позволяет применить этот метод для расчета силы лобового сопротивления и подъемной силы для тела любой формы, движущегося в газовой среде с небольшой скоростью. Возможно исследование давления газа в каналах различной конфигурации.

Метод дает завышенные значения коэффициентов лобового сопротивления, так как столкновения молекул с поверхностью тела считаются абсолютно упругими, отражаются молекулы зеркально, не учтено влияние отраженных молекул на молекулы, приближающиеся к поверхности.

Этот относительно простой метод может быть использован для быстрого выбора из большого числа вариантов формы обтекаемого тела, близкой к оптимальной. На его основе возможно формирование

в рамках классической физики единой теории возникновения аэродинамических сил в идеальной текучей среде.

Список литературы

1. Башкин В.А., Егоров И.В. Численное исследование задач внешней и внутренней аэродинамики. М.: Физматлит, 2013. 332 с.
2. Хлопков Ю.И., Зея М.М., Хлопков А.Ю. Моделирование аэродинамики перспективных аэрокосмических летательных аппаратов // Фундаментальные исследования. 2015. № 4. С. 152–156.
3. Кудряшова Н.А. Разрешение парадокса Даламбера-Эйлера на основании МКТ и теоремы о сложении скоростей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 3. С. 12–16.
4. Кудряшова Н.А. Расчет давления потока идеального газа на элемент поверхности тела. Екатеринбург, 2014. 15 с. Деп. в ВИНТИ 10.06.2014, № 168-B2014.
5. Gao D.-L., Chen W.-L., Li H., Hu H. Flow around a circular cylinder with slit. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2017. V. 82. P. 287–301.
6. Yuce M.I., Kareem D.A. A numerical analysis of fluid flow around circular and square cylinders. *Journal American Water Works Association*. 2016. V. 108. № 10. P. E546–E554.
7. Башкин В.А., Егоров И.В., Ежов И.В. Круговой цилиндр в трансзвуковом потоке при больших числах Рейнольдса: тепловая задача // Теплофизика высоких температур. 2016. Т. 54. № 4. С. 576–583.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
9. Ларичкин В.В. Аэродинамика цилиндрических тел и некоторые инженерные задачи экологии. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. 303 с.
10. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. Ижевск: НИЦ РХД, 2000. 576 с.

СТАТЬИ

УДК 314.8(571.122)

**ПРОГНОЗ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ
ХАНТЫ-МАНСЬСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ****Ткачев Б.П., Ткачева Т.В., Шипицын А.А.***ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Ханты-Мансийск,
e-mail: btkachev@mail.ru*

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра один из самых значимых регионов России, где нефтегазодобывающий сектор занимает ведущее место. Изменяющиеся условия хозяйствования требуют пристального внимания к другому важнейшему аспекту развития экономики – человеческому капиталу. В условиях интенсивного промышленного освоения ускоренными темпами происходил процесс урбанизации территории, обеспечиваемый постоянным ростом населения за счет трудовых мигрантов. Сформировалась особая урбанизированная конструкция региона, в которой города были ориентированы на профильное обеспечение нефтегазодобывающей отрасли. Развитие профильной отрасли в регионе и постоянный рост населения привели к необходимости создания полноценной инфраструктуры в городах округа. Расположение Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на границе Арктической зоны РФ, сложные природно-климатические условия проживания влияют на демографическую ситуацию в городах. Комфортность городской среды становится основным привлекательным фактором для населения. Происходит рост населения крупных городов – Сургута и Нижневартовска, в основном за счет внутренней миграции. Социально-экономическая среда малых и средних городов менее привлекательна, в результате происходит стагнация или даже снижение численности населения этих городов. Основные факторы, ранее определяющие рост городов округа: внешняя миграция, высокий естественный прирост, становятся менее значимыми. Для городов округа определяющей становится внутренняя миграция. Авторами предложены инерционный и инновационный варианты прогнозов численности населения в больших городах округа.

Ключевые слова: ХМАО-Югра, городское население, города, миграция, естественный прирост

**POPULATION FORECAST FOR CITIES IN THE KHANTY-MANSI
AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA****Tkachev B.P., Tkacheva T.V., Shipitsyn A.A.***Yugra State University, Khanty-Mansiysk, e-mail: btkachev@mail.ru*

Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra is one of the most significant regions of Russia, where the oil and gas sector occupies a leading position. Changing economic conditions require close attention to another important aspect of economic development – human capital. In the conditions of intensive industrial development, the process of urbanization of the territory was accelerated, provided by the constant growth of the population due to labor migrants. A special urbanized structure of the region was formed, in which cities were focused on the profile provision of the oil and gas industry. The development of the profile industry in the region and the constant growth of the population led to the need to create a full-fledged infrastructure in the cities of the district. The location of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra on the border of the Arctic zone of the Russian Federation, difficult natural and climatic conditions of living affect the demographic situation in cities. The comfort of the urban environment is the main attractive factor for the population. There is an increase in the population of large cities – Surgut and Nizhnevartovsk, mainly due to internal migration. The socio-economic environment of small and medium-sized cities is less attractive, resulting in stagnation or even a decline in the population of these cities. The main factors that previously determined the growth of cities in the district – external migration, high natural growth are becoming less significant. For the cities of the district, internal migration becomes the determining factor. The authors propose inertial and innovative versions of population forecasts in large cities of the district.

Keywords: KMAO-Yugra, urban population, cities, migration, natural growth

Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» были определены долгосрочные целевые ориентиры для осуществления прорывного научно-технологического и социально-экономического развития Российской Федерации, увеличения численности населения страны, повышения уровня жизни граждан, создания комфортных условий для их проживания, а также условий и возможностей для самореализации и раскрытия таланта каждого человека. Среди девяти

национальных целей приоритетным является обеспечение устойчивого естественного роста численности населения Российской Федерации [1].

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО-Югра) – самый крупный по численности населения регион, полностью относимый к северным местностям. На 1 января 2020 г. численность постоянного населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры составила 1674,7 тыс. человек [2].

Численность населения округа более чем вдвое превышает число жителей остальных северных автономных округов.

Оно больше, чем население во всех северных субъектах Федерации (исключение – Архангельская область) [3].

ХМАО-Югра является одним из самых урбанизированных регионов России. Городское население составляет 1549,3 тыс. человек, то есть 92,5 % населения главного нефтедобывающего региона страны проживает в городах [4].

Цель статьи: в условиях стагнации городов и северного фронта составить прогноз численности городского населения ХМАО-Югры.

Материалы и методы исследования

Методология. В настоящее время процессы урбанизации все активнее охватывают регионы Арктики, что связано с усиливающимся промышленным освоением этих территорий.

С 1950-х годов ХМАО-Югра относился к районам нового хозяйственного освоения, население которого формировалось в преобладающей степени за счет трудовых мигрантов из других регионов страны. Чем интенсивнее происходило нефтегазовое освоение территории, тем более быстрыми темпами росла концентрация пришлого населения в местах разведки, добычи, транспортировки нефти и газа, развития вспомогательных производств. В результате урбанизация на Севере приобрела гипертрофированные черты, когда доля городского населения достигла более 90%. Косвенно этому способствуют природно-климатические условия, затрудняющие сельскохозяйственное производство.

Создаваемые в округе города концентрировали экономический и производственный потенциал, все социальные и культурные изменения, трансформации в структуре населения, формировали новую – урбанизированную, пространственную конструкцию региона. Городские поселения возникали на месте вахтовых поселков и имели производственно-ведомственную зависимость от профильных министерств и организаций [5, с. 25]. В дальнейшем города и городские поселки округа должны стали базами для реализации масштабной программы по поиску и разработке нефтяных и газовых месторождений.

В настоящее время в округе насчитывается 16 городов, среди которых большими – с числом жителей более 100 тысяч человек – являются Сургут, Нижневартовск, Нефтеюганск (табл. 1). В 2020 г. Ханты-Мансийск превысил рубеж в 100 тысяч населения.

Статистические данные показывают замедление роста городов в округе, однако данные таблицы свидетельствуют, что этот процесс по городам неоднороден. Если в наиболее крупных по численности городах – Сургуте и Нижневартовске, наблюдается стабильный рост численности населения, то в остальных этот процесс развивается неравномерно, временами скачкообразно, и при этом отчетливо проявляются тенденции замедления (торможения) темпов роста городского населения. Указанные тенденции могут являться признаками застоя (стагнации) уровня урбанизации в округе.

Таблица 1

Численность населения городов ХМАО-Югры (2010–2019 гг.) (человек)

Города	01.01. 2010	01.01. 2012	01.01. 2013	01.01. 2014	01.01. 2015	01.01. 2016	01.01. 2017	01.01. 2018	01.01. 2019
Сургут	306675	316624	325511	332313	340845	348643	360590	366189	373940
Нижневартовск	251694	258780	263228	265994	268456	270846	274575	275429	276503
Нефтеюганск	122855	125173	125882	125850	125368	125368	126157	126998	127710
Ханты-Мансийск	80151	85029	90961	93493	95353	96936	98692	98485	99385
Когалым	58181	58803	59994	61011	62191	63334	64704	66231	66864
Нягань	54890	55526	55638	55946	56617	57120	57765	58201	58335
Мегион	49449	48763	48539	48949	49063	48818	48283	47720	47 332
Лангепас	41670	42447	42683	42801	42956	43377	43534	44108	44582
Радужный	43399	43565	43580	43177	42911	42963	43157	43485	43726
Урай	39457	39456	39579	39893	40361	40477	40559	40477	40292
Лянтор	38992	39455	39866	40000	40135	40024	39841	40317	40867
Пыть-Ях	41488	41125	40818	41000	41005	40910	40798	40294	39831
Югорск	34067	34969	35294	35833	36327	36734	37150	37411	37422
Советский	26495	27116	27631	28087	28683	29179	29456	29575	29 624
Белоярский	20283	20193	20218	20211	20271	20282	20142	19825	19542
Покачи	17171	17186	17273	17471	17731	17899	17905	17874	17987

Примечание. Жирным шрифтом выделено снижение численности населения.

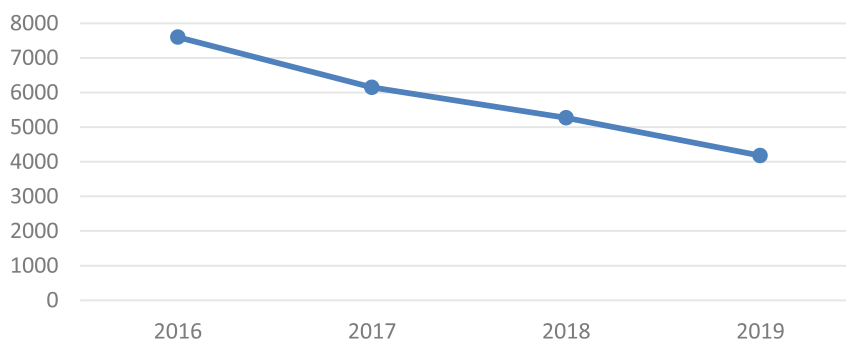


Рис. 1. Количество мигрантов, получивших гражданство в ХМАО-Югре [6]

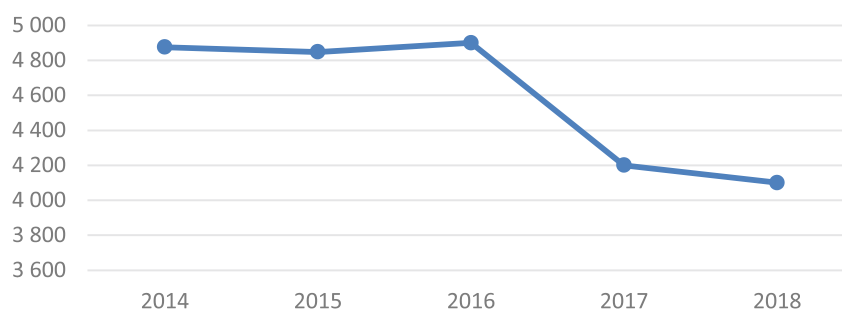


Рис. 2. Естественный прирост в г. Сургуте (человек) [7]

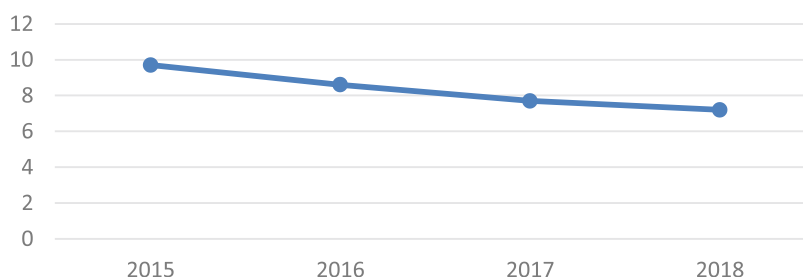


Рис. 3. Естественный прирост в г. Нижневартовске [8]

Прямые и косвенные факторы, объясняющие стагнацию городского населения в Югре. Прямым фактором, указывающим на стагнацию, является количество мигрантов. Количество получивших российское гражданство в округе снизилось практически на 3,5 тысячи человек с 2016 по 2019 гг. (рис. 1). В основном это граждане ближнего зарубежья. Снижение количества мигрантов, получивших гражданство, обусловлено падением экономической привлекательности округа и сложностями получения гражданства.

Следующим фактором, указывающим на стагнацию, является естественный прирост. Естественный прирост в г. Сургуте показывает отрицательную динамику. Так,

в 2017 г. произошло значительное снижение превышения рождаемости над смертностью (на 700 чел.) (рис. 2).

В Нижневартовске коэффициент естественного прироста также снизился с 9,7 до 7,2. За последний год количество родившихся превысило количество умерших на 1491 человека (рис. 3).

Города Сургут и Нижневартовск – не только самые большие в округе, их образование и развитие тесно связано с освоением нефтегазового потенциала. Вокруг этих городов расположены основные нефтяные месторождения, вахтовые поселки и города-спутники. В настоящее время это сложившиеся социально-культурные центры крупных регионов (Сургутского

и Нижневартовского административных районов). Рост этих городов обусловлен перетеканием части населения из прилегающих районов в эти города – развитием агломерационного эффекта. Города Нефтеюганск вместе с Сургутом образовали полицентричную агломерацию.

От других городов ХМАО-Югры г. Ханты-Мансийск отличается, прежде всего, относительной независимостью своей градообразующей базы, от конкретных нефтегазовых месторождений, поэтому в Ханты-Мансийске агломерационный эффект выражен слабее. Агломерация только возникает. В то же время, являясь столицей региона, Ханты-Мансийск стал центром активной деловой, культурной, спортивной жизни не только для жителей округа, но и для многочисленных гостей страны и мира [9].

Важным косвенным фактором, указывающим на стагнацию, является количество браков в ХМАО-Югре. Количество зарегистрированных браков в округе неуклонно снижается. Только за прошедшее десятилетие (2008-2018) количество браков примерно снизилось на 4700 единиц (рис. 4).

Другими косвенными факторами следует признать комфортность городской среды, величину среднемесячной заработной пла-

ты, доходы населения, средний возраст жителей и т.п. Часть этих факторов действует постоянно, а часть изменяется [11].

Прогноз численности населения городов Югры определяется соотношением прямых и косвенных факторов, по-разному влияющих на темпы урбанизации [12].

Опираясь на разработанные для ХМАО-Югры инерционный и инновационный сценарии социально-экономического развития, авторы составили инерционный и инновационный прогноз численности населения городов ХМАО-Югры на 2020–2024 гг. (табл. 2).

Происходит постоянное снижение привлечения внешних мигрантов и оптимизация численности работников промышленной сферы округа как за счет интенсификации труда, так и за счет механизации, автоматизации, а последние годы, особенно серьезно, за счет информатизации производства [13].

В первом, инерционном варианте прогноза определяющая роль принадлежит социально-экономическим условиям, при которых прямые факторы: внешняя миграция и естественный прирост, падают незначительно, а внутренние миграции стабильна. Косвенные факторы можно считать постоянно действующими как для инерционного, так и для инновационного прогноза.

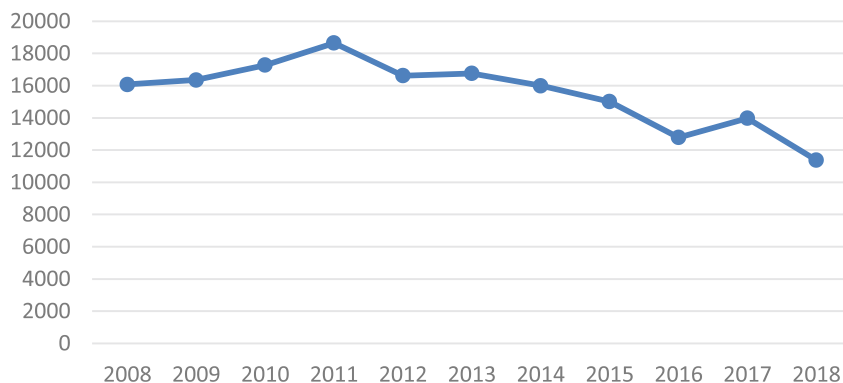


Рис. 4. Количество браков в ХМАО-Югре [10]

Таблица 2

Прогноз численности населения городов ХМАО-Югры (человек)

Города	2020		2021		2022		2023		2024	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Сургут	382358	383456	389776	391874	396976	398655	401092	403209	405544	407963
Нижневартовск	277616	278847	278619	279877	279373	281352	279718	282249	280123	283128
Нефтеюганск	128263	128367	129559	128786	128799	129352	128908	129749	129058	130116
Ханты-Мансийск	100087	100542	100744	101354	101446	102256	102044	102941	102619	103730

Примечание. 1 – инерционный прогноз, 2 – инновационный прогноз.

Во втором, инновационном прогнозе прямые факторы: внешняя миграция и естественный прирост, падают незначительно, а внутренняя миграция усиливается. Именно эта тенденция становится определяющей для роста больших городов, центров трех агломераций региона (Сургут, Нижневартовск, Ханты-Мансийск). Так, например, увеличение численности населения г. Когалым связано с тем, что этот город избран штаб-квартирой ООО «Лукойл». В Когалыме активно развивается социокультурная среда, растет благосостояние населения. Вложения в человеческий капитал определяют инновационный сценарий роста численности населения городов.

Только при инновационном прогнозе максимально раскроется энергия освоения нового северного фронта – культурно-исторического и социально-экономического феномена трансграничных регионов Арктики [14].

Выводы

Проведенное исследование показало, что интенсивный рост городов в Югре прекратился, численность населения в городах в основном стабилизировалась. В больших городах округа (Сургут и Нижневартовск) темпы роста населения продолжают, но более низкими темпами. Наиболее серьезная стагнация охватила средние и малые города. Среди больших городов стагнации подвержены гг. Нефтеюганск и Ханты-Мансийск.

Основным источником роста городов становится внутренняя миграция (роль внешней миграции и естественного прироста сокращается). Медленный неуклонный рост наблюдается в гг. Сургут, Нижневартовск, Когалым. Эти города наиболее привлекательны для мигрантов.

Инновационный прогноз численности населения сможет реализоваться, когда будет востребован культурно-исторический и социально-экономический феномен ХМАО-Югры как трансграничного региона Арктики. В таком варианте раскроется накопленный потенциал (экономический, социальный, транспортный, демографический и т.д.) региона, он будет использован в качестве базы для освоения и развития арктической зоны Российской Федерации, что привлечет экономически активное население в округ. Однако для такого прогноза требуется и более тесное объединение хозяйственных структур двух автономных округов (Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого) в рамках Тюменской области.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-13-00423.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71937200/> (дата обращения: 09.10.2020).
2. Экономические и социальные показатели районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей в 2000–2019 годах / Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b20_22/Main.htm (дата обращения: 09.10.2020).
3. Соколов С.Н. Нужны ли большие города на Севере России?: материалы 3-го круглого стола, посвященного памяти доктора географических наук, профессора Юрия Васильевича Поросенкова (г. Воронеж, 5–6 октября 2017 г.). Махачкала: Изд-во «Апробация», 2017. С. 27–31.
4. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям / Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce (дата обращения: 09.10.2020).
5. Стась И.Н. Урбанизация Ханты-Мансийского автономного округа в период нефтегазового освоения (1960-е – начало 1990-х гг.): автореф. дис. ... канд. ист. наук. Томск, 2014. 29 с.
6. Статистические данные по миграционной ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре 2017–2020 / Управление по вопросам миграции в ХМАО – Югре. [Электронный ресурс]. URL: <https://86.мвд.рф/ms/statisticheskie-dannye-po-migratsionnoi-si> (дата обращения: 09.10.2020).
7. Итоги социально-экономического развития муниципального образования городской округ город Сургут (2014–2018) / Администрация города Сургута. [Электронный ресурс]. URL: <http://admsurgut.ru/rubric/19026/Arhiv?page=1> (дата обращения: 09.10.2020).
8. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13206> (дата обращения: 09.10.2020).
9. Ткачев Б.П. Перспективы социально-экономического развития ХМАО // Вестник Югорского государственного университета. 2005. № 1. С. 109–113.
10. Статистический ежегодник: Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (1990–2018) / Управление Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре и Ямало-Ненецкому автономному округу. [Электронный ресурс]. URL: <https://tumstat.gks.ru/ofpublic/document/72219> (дата обращения: 09.10.2020).
11. Ткачева Т.В. Изменение жизненного пространства обских угров в условиях городской среды // Языки и культура народов Арктики как полиэтнического региона в условиях глобализации: сборник материалов Международной научно-практической конференции (г. Ханты-Мансийск, 25–27 октября 2018 г.). Ханты-Мансийск, 2018. С. 179–183.
12. Ткачев Б.П., Ткачева Т.В. Анализ методик прогнозирования социально-экономического развития на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Научное обозрение. Экономические науки. 2019. № 4. С. 28–32.
13. Стратегия социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры до 2020 года и на период до 2030 года. 22 марта 2013 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://depeconom.admhmao.ru/deyatelnost/sotsialno-ekonomicheskoe-razvitiye/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-okruga/297873/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-khanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yugry-do-2020-g> (дата обращения: 09.10.2020).
14. Бортникова Ю.А., Науменко О.Н. Действие фронта в «особой» культуре Западной Сибири: обские угры-мусульмане // Развитие Арктики и приарктических регионов: сборник научных статей. Тюмень, Ханты-Мансийск, 2020. С. 294–315.